

Série A, N° 750

N° d'ordre : 776

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
(Mention Sciences)

PAR

Franklin PIERRE

PREMIÈRE THÈSE

**ÉCOLOGIE ET PEUPLEMENT ENTOMOLOGIQUE
DES SABLES VIFS DU SAHARA NORD-OCCIDENTAL**

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

SOUTENUES LE 14 DEC 1958 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

MM. GRASSÉ

Président

BOURCART

NOIROT

} Examinateurs

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

1958

**ÉCOLOGIE ET PEUPLEMENT
ENTOMOLOGIQUE
des sables vifs
du Sahara Nord-Occidental**

Série A, N° 750

N° d'ordre : 776

THÈSES

PRÉSENTÉES A LA FACULTÉ DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ
(Mention Sciences)

PAR

Franklin PIERRE

PREMIÈRE THÈSE

ÉCOLOGIE ET PEUPLEMENT ENTOMOLOGIQUE
DES SABLES VIFS DU SAHARA NORD-OCCIDENTAL

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ



SOUTENUES LE 14 DEC 1958 DEVANT LA COMMISSION D'EXAMEN

MM. GRASSÉ

Président

BOURCART

NOIROT

} Examinateurs

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Digitized by the Internet Archive
in 2026

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

PROFESSEURS

Doyen J. PÉRÈS

G. JULIA	T Anal. sup. et Algèbre sup.
E. DARMOIS	T Enseignement de Physique
FOCH	T Méc. phys. et expérimentale
PAUTHENIER	T Electrotechnique générale
DE BROGLIE	T Théories physiques
JOB	T Chimie générale
PRENANT	T Anatomie et Histol. comparées
GARNIER	T Géométrie supérieure
PÉRÈS	T Mécanique des fluides et appl.
LAUGIER	T Physiologie générale
M. CURIE	T Physique (P.C.B.)
BARRABE	T Géol. struct. et Géol. appliquée
G. DARMOIS	T Calc. des prob. et Phys. Math.
J. BOURCART	T Géogr. Phys. et Géol. dynam.
PLANTEFOL	T Botanique
GRASSE	T Evol. des êtres organisés
PRÉVOST	T Chimie organique
BOULIGAND	T Appl. de l'analyse à la Géom.
CHAUDRON	T Chimie appliquée
WYART	T Minéralogie
TEISSIER	T Zoologie
MANGENOT	T Biologie Végétale
P. AUGER	T Physique quantique et Relat.
MONNIER	T Physiologie des fonctions
PIVETEAU	T Géologie
ROCARD	T Physique (E.N.S.)
H. CARTAN	T Mathématiques (E.N.S.)
LAFFITTE	T Chimie générale
FAVARD	T Mécanique générale
COULOMB	T Physique du Globe
Mlle COUSIN	T Biologie animale (P.C.B.)
CHRÉTIEN	T Chimie minérale
P. DRACH	T Zoologie
KASTLER	T Physique
EPHRUSSI	T Génétique
WURMSER	T Biol. Physico-chimique
RIVIÈRE	T Géologie (S.P.C.N.)
GAUTHERET	T Biologie végétale (P.C.B.)
LUCAS	T Recherches physiques
A. THOMAS	T Biologie cellulaire
ARNULF	T Optique appliquée
M. MORAND	T Physique
SOLEILLET	T Physique
FORTIER	T Méc. expér. des fluides
DANJON	T Astronomie
FROMAGEOT	T Chimie biologique
LAPORTE	T Phys. génér. et radioactivité
JANET	T Méc. anal. et Méc. céleste
PETIT	T Biologie maritime

QUENEY	T Météor. et dyn. atmosphér.
GALLIEN	T Embryologie
EICHHORN	T Biologie Végétale (P.C.B.)
DE CUGNAC	Biologie Végétale (P.C.B.)
Mlle CAUCHOIS	T Chimie physique
THELLIER	T Physique du Globe
AUDUBERT	T Electrochimie
L'HÉRITIER	T Génétique
GRIVET	T Radioélectricité
PONCIN	T Mécanique des fluides
THIRY	T Mécanique appliquée
DUBREIL	T Arith. et théor. des nombres
QUELET	T Chimie organique
CAGNIARD	T Géophysique appliquée
CHAMPETIER	T Chimie macromoléculaire
CUVILLIER	T Géol. struct. et Géol. appl.
JUNG	T Pétrographie
TRILLAT	T Microscopie et diffraction électronique
WIEMANN	T Chimie organ. structurale
JACQUINOT	T Spectrosc. et Phys. céleste
VASSY	Physique de l'atmosphère
DESTOUCHES	Théories physiques
M. PRUVOST	T Géologie
AMIEL	T Chimie (P.C.B.)
HOCART	T Minéralogie
J. P. MATHIEU	T Physique (P.C.B.)
COUTEAUX	T Biologie animale (P.C.B.)
MAY	Biologie animale (P.C.B.)
CHOQUET	T Calc. diff. et Intégral
FELDMANN	Biologie (P.C.B.)
GUINIER	T Physique (P.C.B.)
JOST	T Biologie (P.C.B.)
FORTET	T Calc. des probabilités
SCHWARTZ	T Méth. Mathém. de la Phys.
CHOUARD	T Physiologie végétale
MALAVARD	T Aviation
BRELOT	T Calcul différentiel
NORMANT	T Chimie (P.C.B.)
BÉNARD	T Chimie (P.C.B.)
BUVAT	T Botanique (E.N.S.)
DUGUE	T Statistiques mathématiques
GELOSO	Chimie (S.P.C.N.)
SOULAIRAC	T Psychophysiologie
ULRICH	T Physiologie végétale
MARÉCHAL	T Optique théor. et appl.
KIRRMANN	T Théories chimiques
CHADEFAUD	Botanique
DESTRIAU	Physique (M.P.C.)
Mlle LE BRETON	Physiologie générale
SALEM	Mathématiques générales
LELONG	T Mathématiques générales
DEVILLERS	Anat. et Histol. comparées
EHRESMANN	T Topologie Algébrique
FRANÇON	Physique (M.P.C.)
GLANGEAUD	T Géographie physique et Géologie dynamique
GODEMENT	T Mathématiques (M.P.C.)
PISOT	T Calcul des probabilités
ROCH (E.)	Géologie
SCHATZMANN	Astrophysique
TERMIER	T Paléontologie stratigraphique
ZAMANSKY	T Mathématiques générales
JOLIOT	T Physique nucléaire et radioactivité

Secrétaire Général C. MONIER

A MES MAITRES

AVANT-PROPOS

L'Ecologie, *Science des rapports de l'être vivant avec son milieu*, peut se concevoir par l'étude du peuplement dans sa composition, ses particularités et ses groupements, en fonction des facteurs déterminants de ce milieu.

La nature et la valeur des facteurs écologiques peuvent être connues dans la plupart des cas de manière acceptable lorsqu'il s'agit du milieu physique; il en est tout autrement dès que sont examinées d'un peu près les relations directes ou indirectes qui s'établissent entre les individus de même population ou de populations différentes; on ne peut guère que noter ces groupements et en montrer dans les grandes lignes la structure, car les méthodes actuelles de l'Ecologie se révèlent souvent inadéquates pour explorer plus profondément ce domaine.

Les particularités biologiques, dont la fréquence nous surprend parfois chez les hôtes d'un milieu donné, ne sont pas sans rapport avec celui-ci. Dans les sables, plus peut-être que partout ailleurs, le phénomène paraît évident si l'on compare dans le Nord de l'Afrique la vie dans les sables littoraux et dans les sables continentaux, analogue par sa structure, mais combien différente par le fond. L'étude de ces particularités prend donc ici une grande importance.

Les affinités des éléments présents et leur répartition d'une part, l'histoire du milieu d'autre part, nous permettent encore de formuler certaines hypothèses quant à l'origine du peuplement et d'en comprendre les modalités. A ce titre, ces problèmes ne paraissent guère dissociables de l'Ecologie.

Partant de ces principes, j'ai choisi la méthode écologique pour décrire le peuplement entomologique des sables vifs du Sahara Nord-Occidental.

J'avais d'abord envisagé l'étude du peuplement entomologique de la région de Béni Abbès dans son ensemble.

M. le Professeur Pierre-P. GRASSÉ, qui s'intéresse à mes recherches, et à qui j'avais soumis ce plan, me montra que la variété des milieux m'entraînerait vers un travail immense qui ne pourrait être que fragmentaire.

Il fut donc décidé de limiter cette étude à l'un des faciès les plus caractéristiques du désert : les sables, les sables vifs du Sahara

Nord-Occidental, quelques points de comparaison étant pris dans des formations de ce type sur le littoral nord-africain.

Ce travail, précédé d'une brève introduction ayant pour but de situer dans le cadre saharien la région retenue pour ces recherches, comprendra deux parties :

1. Après quelques généralités : origines des sables, rôle du relief dans la répartition et les qualités des sables, le milieu lui-même sera défini par l'étude des facteurs climatiques, du climat interne du sol, des microclimats, des facteurs édaphiques et des facteurs biotiques.

2. Le peuplement sera ensuite examiné en fonction de sa composition dans les différents types de sable, de ses spécialisations morphologiques, physiologiques, éthologiques, et de ses groupements. Dans un dernier chapitre, l'origine des sabulicoles sera envisagée.

Cette étude est essentiellement axée sur les Coléoptères Ténébrionides :

1° Le groupe constitue dans les sables du désert, suivant le mot du savant entomologiste P. de PEYERIMHOFF, le réactif le plus sensible, donc le plus expressif, tant dans sa vie larvaire que dans sa vie imaginale.

2° Son importance qualitative et quantitative est toujours grande et souvent dominante.

3° L'inventaire, en ce qui concerne la région étudiée, peut être admis comme à peu près complet.

4° Enfin, de plus, ces Insectes me sont familiers dans leur ensemble.

Néanmoins, de nombreux éléments dont l'étude n'a pu être aussi poussée offrent également un grand intérêt : autres Coléoptères, Scarabéides notamment, presque aussi nombreux que les Ténébrionides, mais liés aux sables humides profonds, et Histerides; des Dictyoptères Corydiides; quelques Hyménoptères, des Méthocides surtout; des Hétéroptères Cydnides; des Lépismes, etc... Il en sera tenu compte.

Le territoire retenu pour ces recherches a été étudié au cours de séjours et d'itinéraires variés :

1. *Février 1947-avril 1948.* — Beni Abbès, cycle annuel après une période sèche de plusieurs années; Oued Saoura sur la totalité de son cours et régions bordières (Grand Erg Occidental, Hamada du Guir); Djebels d'Ougarta; Erg er Raoui; Timimoun, au Sud du Grand Erg Occidental; Région de Colomb-Béchar-Kénadza; Djebel Antar, montagnes pré-sahariennes. Hauts Plateaux algériens entre Saïda et Aïn Sefra.

2. *Mai 1949-juillet 1950.* — Beni Abbès, cycle annuel après des pluies importantes; Oued Saoura et régions bordières; Oued Zousfana (Région de Taghit); Erg Abd el Adhim au Sud-Est du Grand Erg Occidental; Djebels d'Ougarta et Erg er Raoui (itinéraires différents de ceux du premier voyage). Sables de l'Oranie littorale.

3. *Mars-juin 1951.* — Béni Abbès, après de nouvelles pluies; Touat; Erg Chech dans sa partie orientale; Reggan; Tidikelt (Aoulef, In Salah). Sables du littoral algérien (Alger et Oran); sables du littoral marocain de Tanger à Sidi Moussa de l'Aglou, dans le Sous.

4. *Janvier-mai 1952.* — Béni Abbès; Djebels d'Ougarta; Erg er Raoui (avec une pluviosité encore accrue); Kaal de Tabelbala; Djebel bet Tadjine; Erg Iguidi, dans une traversée sensiblement nord-sud, de l'Erg Atchane à Boubout. Maroc Sud-Oriental (Colomb-Béchar-Ksar es Souk).

5. *Février-mai 1953.* — Maroc Sud-Occidental (Goulimine, zone littorale d'Ifni à l'Oued Dra, Bani occidental). Béni Abbès.

Il me fut ainsi possible de voir, souvent par le détail, les multiples aspects du Sahara Nord-Occidental, de ses sables surtout dont le peuplement présente une physionomie bien particulière.

Le Centre de Recherches Sahariennes du Centre National de la Recherche Scientifique, conçu en 1942 sur les plans de M. Nicolas MENCHIKOFF, ne pouvait manquer, par la situation exceptionnelle de ses laboratoires sur la lisière du Grand Erg, de me rendre les plus grands services quant aux observations suivies, difficiles à effectuer en caravane.

Béni Abbès - Paris,

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE,
Centre de Recherches Sahariennes,

6 octobre 1955.

REMERCIEMENTS

Nombreux sont ceux qui au cours de ce travail, en maintes circonstances et sous différentes formes, m'ont témoigné leur sympathie. Je suis heureux, aujourd'hui, de pouvoir exprimer à tous ma reconnaissance.

Qu'il me soit permis de citer plus particulièrement :

M. Pierre-P. GRASSÉ, Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, Membre de la Commission de Recherches Sahariennes du C.N.R.S., Maître à la très grande bienveillance de qui je dois d'avoir pu poursuivre mes recherches et qui me guida tout au long de ce travail.

M. le Docteur R. JEANNEL, Professeur au Muséum, qui m'a ouvert il y a déjà bien longtemps le Laboratoire d'Entomologie et m'accorda son parrainage au C.N.R.S.

MM. L. LUTAUD et J. BOURCART, Professeurs à la Sorbonne, qui m'accueillirent à mes débuts.

M. N. MENCHIKOFF, Directeur de Recherches au C.N.R.S., à qui nous devons « Béni Abbès ».

M. P. de PEYERIMHOFF, Correspondant de l'Institut, regretté spécialiste des faunes entomologiques du Nord de l'Afrique, dont les travaux, puis les conseils, ont été pour moi la meilleure initiation aux problèmes du désert.

M. le Dr A. BALACHOWSKY, Chef de Service à l'Institut Pasteur.

M. F. BERNARD, Professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, dont l'accueil amical demeurera un agréable souvenir.

M. R. CAPOT-REY, Professeur à la Faculté des Lettres d'Alger, le spécialiste des ergs.

M. Ch. NOIROT, Maître de conférence, qui a bien voulu lire ce travail et formuler d'utiles critiques.

M. P. QUENEY, Professeur à la Sorbonne, pour ses conseils de climatologiste.

M. P. RÉMY, Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

M. M. VACHON, Professeur au Muséum.

M. A. VANDEL, Membre de l'Institut, Professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse.

MM. L. CHOPARD et E. SÉGUY, Professeurs au Muséum, pour leurs conseils et les facilités qu'ils m'ont si volontiers accordées.

M. R. PORTÈRES, Professeur au Muséum.

M. Lucien BERLAND, du Muséum, en souvenir de l'Erg er Raoui et des Djebels d'Ougarta.

André REYMOND, Entomologiste à l'Institut Scientifique Chérifien, à l'amitié de qui je dois le Sahara.

A ces Maîtres, dont l'enseignement fut à chaque instant l'outil le plus précieux, va ma très respectueuse et profonde gratitude.

Il est encore pour moi un agréable devoir que de pouvoir remercier ici les Militaires du Territoire d'Aïn Sefra dont l'aide compréhensive me fut toujours acquise :

Leurs chefs, le Colonel QUÉNARD, aujourd'hui Général Inspecteur des Territoires du Sud, commandant alors le Territoire Militaire d'Aïn Sefra ; le Colonel PASSAGER, Directeur du Service de Santé des Territoires du Sud.

Le Capitaine VILLALONGA, commandant la Compagnie Saharienne du Touat, puis Chef d'Annexe à Béni Abbès, qui choisit les guides et organisa les caravanes pour le Chech et l'Iguidi.

Les Médecins-Capitaines DELBRU, GRAS, LECLERCQ, SIMONET, inoubliables compagnons de route, dont je partageais, quant à l'itinéraire, les tournées médicales.

Les Lieutenants BROTEAU et DUGROS, l'Adjudant HANS, Chefs de Poste à Tabelbala, en souvenir de leur hospitalité toute saharienne.

Ces remerciements s'étendent :

Au Commandant de CHILL, commandant le Cercle de Goulimine et au Capitaine P. de ROCHEFORT, Chef de Poste à Oued Noun, qui facilitèrent mes prospections sur le littoral du Maroc méridional, ainsi qu'au Docteur MILHAUD, Médecin du Cercle de Goulimine, qui me montra le Djebel Bani au cours d'une reconnaissance sanitaire.

Enfin, je n'aurais garde, non plus, d'oublier mes guides pour leur courage, et parfois leur dévouement.

Je tiens encore à citer et à remercier :

M. SANSON, Directeur Technique au Service Climatologie de la Météorologie Nationale, qui a bien voulu me communiquer divers documents concernant le climat des régions étudiées.

J. DUBIEF, Physicien à l'Institut de Météorologie et de Physique du Globe de l'Algérie, qui m'a témoigné sa sympathie en des circonstances diverses.

C. SAUVAGE, Botaniste à l'Institut Scientifique Chérifien.

Jean THÉODORIDÈS, Chargé de Recherches au C.N.R.S.

José MARTINEZ, Météorologiste, alors à la Station de Béni Abbès, le compagnon du Djebel Antar.

F. PETTER, Assistant au Muséum, spécialiste des Rongeurs.

J. MATEU, Zoologiste à la Station d'Acclimatation d'Almería, en souvenir du voyage dans l'Erg Chech.

B. BONIFACE, J. LEROUX et P. de MIRÉ, Prospecteurs à l'Office National Anti-Acridien, qui m'ont confié l'étude des Coléoptères Ténébrionides récoltés au cours de leurs missions en Mauritanie et au Sahara Méridional, matériaux qui constituent pour ces recherches une documentation précieuse.

Y. KAST, Physicien; P. GUINET, Botaniste; G. KEMELIN, Agronome; R. GAUTHIER, Zoologiste; du Centre de Recherches Sahariennes.

Les Entomologistes : M. ANTOINE, J. AUBER, P. BONADONA, G. COLAS, André DESCARPENTRIES, FRANCISCO ESPAÑOL, P. HERBULOT, Jean JARRIGE, L. KOCHER, L. LESEIGNEUR, C. LEGROS, A. ROUDIER, Gaston RUTER et Pierre VIETTE.

M^{me} Y. BOUISSET et M^{lle} G. BOCA, qui ont collaboré à l'illustration.

Enfin, je dois aussi beaucoup à ma femme qui a pris dans ce travail la part ingrate de la réalisation technique.

INTRODUCTION

... Il est aride parce qu'il ne pleut pas assez, parce qu'il y a déséquilibre entre la quantité d'eau qui tombe du ciel et celle qu'il perd par évaporation...

E.-F. GAUTIER, *Le Sahara*.

L'aridité, caractéristique essentielle des déserts, est la résultante d'une part de *précipitations restreintes* et très irrégulières et, d'autre part, d'une *évaporation intense* qui tend non seulement à neutraliser les eaux que ces précipitations apportent, mais encore à minimiser celles qui, sous forme de nappes souterraines ou de ruissellements d'origine extérieure, parviennent jusqu'au cœur des déserts les plus accentués.

Ces deux facteurs, précipitations et évaporation, lorsque nous en connaissons la valeur, offrent ainsi que nous l'a montré J. DUBIEF (1950) la possibilité de définir et, partant, de délimiter le désert tout en tenant compte de certaines nuances qui apparaissent par place dans les grands ensembles.

Mais avant d'examiner les coefficients climatiques qui peuvent être calculés sur la base de ces données, il nous faut d'abord savoir ce que les climatologues entendent par *évaporation*.

Au désert, où le sable s'amoncelle sur d'immenses étendues, encombre le lit des cours d'eau, les simples ravinements et les dépressions de toutes dimensions et où, par ailleurs, les systèmes hydrographiques n'aboutissent que très exceptionnellement à la mer, les eaux reçues au sol — conséquence bienfaisante ici du régime endoréique — se trouvent à la faveur d'une infiltration rapide en grande partie soustraites à l'évaporation et mise en réserve dans la profondeur du sol.

A ces eaux, s'ajoutent, bien que leur rôle écologique soit le plus souvent *distinct* de celui des eaux directement issues des précipitations, les apports collectés au désert ou en dehors du désert par les nappes souterraines et les écoulements et sous-écoulements des fleuves.

Or, les facteurs *précipitations* et *évaporation* tels qu'ils sont conçus et enregistrés actuellement par les climatologues s'appliquent à des *collections d'eau libre*. Il s'agit donc de valeurs assez conventionnelles, des *ressources hydriques partielles et théoriques*

étant rapportées au *pouvoir évaporant de l'air*, alors qu'en fait, ce sont surtout les *eaux retenues par le sol* jusqu'à une profondeur ne dépassant pas habituellement quelques mètres qui, ayant un rôle écologique, ainsi que nous le verrons tout au long de cette étude, devraient intervenir par rapport à leur *évaporation réelle*, dans le bilan hydro-écologique du désert. Faute de données plus précises, il nous faut pour l'instant adopter cette façon de voir.

Après avoir attiré l'attention sur le fait, c'est donc en ce sens qu'avec J. DUBIEF (1950), qui n'ignore d'ailleurs pas les points mentionnés ci-dessus, que nous considérerons ces facteurs pour, dans les grandes lignes, définir les régions arides et leur assigner des limites par le rapport : pluie-évaporation.

A l'aridité, les sables du désert doivent de demeurer parfaitement mobiles et maniables au vent. De ceci résultent leurs propriétés écologiques essentielles. Il y avait donc lieu d'examiner d'abord comment pouvait être concrétisée cette donnée.

1. COEFFICIENTS CLIMATIQUES ET ARIDITÉ.

L'histoire des coefficients climatiques utilisés pour définir et délimiter les régions arides se résume aux quatre points suivants :

1. E. de MARTONNE (1926) introduit une nouvelle fonction climatique susceptible d'indiquer l'aridité.

2. L. EMBERGER (1938) réserve le terme de climat désertique : « ... aux climats caractérisés par des pluies sans rythme saisonnier et par de longues périodes (dépassant au moins une année) sans précipitations ». Puis, (1930, 1939, 1955, 1955a, publications les plus importantes) établit une formule applicable au climat méditerranéen qui lui permet de distinguer entre autre : les climats méditerranéens semi-arides, arides et sahariens.

3. C. W. THORNTWHAITE (1948, 1953) conçoit une formule intéressante basée sur le fait que dans un climat humide les précipitations sont supérieures à l'évaporation, et inversement dans un climat sec. Mais, selon cet auteur, l'évaporation telle qu'elle est enregistrée dans les stations météorologiques est discutable; aussi, celle-ci est-elle remplacée par l'*évapotranspiration potentielle*, eau libérée dans l'atmosphère par un sol saturé et par la végétation, calculée en partant de la température et exprimée en mm. Cette formule fait encore intervenir en saison sèche les réserves du sol, fixées de façon empirique à 100 mm.

4. J. DUBIEF (1950), utilisant simplement d'une part la pluie et d'autre part l'évaporation dans le rapport :

Pluie

Evaporation journalière,

propose son coefficient D : « ... la durée d'évaporation exprimée en jours, de la pluie tombée dans le cours d'une année sur une surface

imperméable, sans écoulement et sans végétation... » qui inférieure à 100 indique l'aridité¹.

Les nuances de cette aridité ainsi calculée, peuvent, pour nous, s'exprimer de la façon suivante :

$D < 100 > 10$: régions semi-arides, steppe froide, steppe chaude.

$D < 10 > 1$: régions arides, désert.

$D < 1$: régions ultra-arides, *tanezroufts*².

Cette formule, qui certes comporte des imperfections³, mais dont le principe repose sur des données concrètes, paraît acceptable; d'autant plus, que dans les régions qui nous sont connues, elle permet un tracé qui coïncide — dans les grandes lignes — avec les différents aspects du peuplement⁴.

Néanmoins, si par cette méthode, suivant la carte des courbes d'égal coefficient D de DUBIEF (dont certaines sont reproduites plus loin : fig. 1), il devient possible de limiter climatiquement d'une façon à peu près satisfaisante le Sahara dans son ensemble, tout en marquant quelques nuances, il semble cependant prématuré de l'utiliser pour établir des divisions bio-climatiques précises à l'intérieur du territoire.

Cette dernière formule sera donc retenue simplement pour situer et caractériser en premier lieu la région examinée.

2. LIMITES DU DOMAINE EXPLORÉ.

Le Sahara n'a pas de limites très nettes. Géographes, naturalistes, historiens même, sont à peu près unanimes sur ce point. Il y aurait cependant lieu d'assigner, fut-ce provisoirement, des frontières à cette immense région et il va de soi qu'ici ce sont des frontières climatiques qui doivent en premier lieu intervenir.

En bref, si nous nous référons d'une part, d'abord au travail de J. DUBIEF (1950), puis à la récente étude de R. CAPOT-REY (1952) et à celle de P. de PEYERIMHOFF (1948) et, d'autre part, d'une façon générale, aux données morphologiques et biogéographiques que nous possédons sur cette région, le Sahara se situe sur la bande de terres arides qui occupe le quart nord du continent africain et se prolonge vers l'Est jusqu'en Arabie⁵. Il peut, selon nous, se limiter (fig. 1) :

— au Nord, suivant la courbe d'égal coefficient $D = 10$;

(1) Les mesures sont effectuées sur l'année, mois par mois, et, dans le cas de pluies supérieures à l'évaporation, celles-ci sont reportées sur le mois suivant, le début des calculs s'effectuant à la fin de la saison sèche. Dans le cas de régions ayant un excédent annuel de pluies, D ne pouvant dépasser 365, celles-ci sont classées suivant l'importance de l'excédent.

(2) R. CAPOT-REY (1951) apporte quelques modifications à la formule de DUBIEF faisant intervenir la « répartition saisonnière des pluies ». Mais, ainsi que je le montrerai au cours de ce texte, le rôle de la pluie dans le développement et le maintien de la vie au désert n'est pas toujours immédiat. On consultera également à ce sujet H. GAUSSEN et F. BAGNOULS (1952).

(3) Par le fait surtout qu'il n'est pas tenu compte des eaux extérieures (nappes, ruissellements) et du rôle modérateur du sol dans l'évaporation des collections locales, les critiques que l'on peut formuler quant aux méthodes de mesure de l'évaporation demeurant affaire d'experts, bien qu'à cette échelle celles-ci paraissent secondaires.

- au Sud, suivant la courbe d'égale coefficient $D = 10$;
- à l'Ouest, à l'Océan Atlantique, le coefficient D ne pouvant être retenu en raison des condensations importantes qui résultent de la proximité de la mer et dont nous ignorons la valeur;
- à l'Est, par une ligne coïncidant approximativement avec les frontières septentrionales et orientales de l'Arabie Séoudite actuelle, régions encore fort mal connues.

Ainsi défini, le Sahara, le plus grand, le plus expressif des déserts, atteint une superficie d'environ huit millions de km², représentant à lui seul plus de la moitié de l'aridité mondiale.

La région retenue pour cette étude sera délimitée :

- au Nord, par l'extrême limite méridionale de l'Anti-Atlas marocain (versant méridional du Bani, Kem-Kem), Colomb-Béchar et la bordure ouest du Grand Erg occidental;
- au Sud, approximativement, par l'Erg Chech dans sa partie médiane et aux Eglabs;
- à l'Ouest, par la Hamada du Dra et la série des Krebs méridionaux;
- à l'Est, par l'Oued Namous, issu des Monts des Ksour, et la partie médiane du Grand Erg occidental (cf. : Afrique 1 : 5 000 000, v. doc. cart.);

Béni Abbès, où l'essentiel des recherches a été effectué, constituant le centre géographique du secteur.

Suivant ces frontières, bien individualisée dans les éléments fonciers de son peuplement ainsi que nous le verrons, cette région paraît devoir former une subdivision de la province biogéographique saharienne maintenant admise.

(4) La notion de végétation *diffuse* ou *contractée* de Conrad KILIAN (1925) parfois utilisée pour séparer la *steppe du désert*, et qui pourrait intervenir ici, s'avère d'un emploi souvent difficile. Une végétation apparemment diffuse peut être en fait la résultante d'une forme particulière de sous-écoulement en nappe, contrairement à ce qu'elle doit être : la conséquence d'une pluviométrie uniformément répartie, assurant un développement homogène de la végétation. C'est aussi la conclusion à laquelle arrive T. MONOD (1954). R. CAPOT-REY (1952, 1953) utilise encore la répartition de certaines plantes indicatrices. Mais, là encore, nous nous heurtons à des difficultés du même ordre.

(5) Il est intéressant de noter que les frontières du Sahara, telles qu'elles ressortent de la carte phytoclimatique à très grande échelle de T. MONOD, in D.N. KACHKAROV et E.P. KOROVINE (1942), dressée d'après les données de H. von WISSMAN (1939), se superposent dans les grandes lignes aux limites ainsi établies. Cependant, selon cet auteur, une ultime extension jusqu'au Sind à l'Est de l'Indus, apparaîtrait. Sur le plan entomologique, et dans d'autres domaines, de nombreux éléments saharo-sindiens ont, en effet, été signalés; mais le climat et les peuplements étant encore insuffisamment connus, on ne peut affirmer qu'il y ait une réelle continuité.

HISTORIQUE SOMMAIRE DES RECHERCHES SUR LE PEUPLEMENT ENTOMOLOGIQUE DES SABLES VIFS

Dans son ensemble, le peuplement du désert a déjà été très étudié. Si nous nous référons à la dernière mise au point en date, celle de D. N. KACHKAROV et E. P. KOROVINE, édition de T. MONOD (1942), nous trouvons là une bibliographie qui ne compte pas moins de 415 titres, et ce chiffre pourrait être actuellement plus que doublé¹.

Dans cet ouvrage, 172 références se rapportent aux déserts d'Asie moyenne et centrale, 127 aux régions saharo-indiennes, 17 à l'Afrique du Sud, 29 à l'Amérique et 35 à l'Australie. Mais les travaux relatifs au peuplement entomologique des sables occupent dans cette bibliographie une place des plus restreinte.

La faune du Sahara est en général assez bien connue et des listes en ont été dressées pour la plupart des régions. E. ZAVATTARI (1938) a publié un important travail où se trouve même mentionnée la totalité des espèces animales cataloguées jusqu'à cette date en Lybie.

Il en est différemment en ce qui concerne l'étude des points particuliers. Ces travaux sont peu nombreux et le peuplement entomologique des sables, un des plus riches pourtant, n'a donné lieu, jusqu'à présent, qu'à quelques travaux fragmentaires.

Les sables littoraux et continentaux des régions tempérées ont, par contre, tenté plus souvent les naturalistes. Nous reconstruisons dans la littérature bon nombre de notes relatives à ce milieu et certaines seront citées plus bas.

Les traités classiques d'Ecologie, ceux par exemple de W. C. ALLEE et *alt.* (1949), F. E. CLEMENT et V. E. SHELFORD (1939), A. S. PEARSE (1939), ne nous montrent qu'un aspect général du problème¹.

R. N. CHAPMAN (1931), néanmoins, consacre un chapitre entier au peuplement entomologique des dunes, suite à son étude initiale des sables du Minnesota (R. N. CHAPMAN et Collaborateurs, 1926). Dans ces deux publications nous trouvons les données qui sont à la base du problème.

(1) Ne serait-ce que par la parution des travaux de nouveaux instituts spécialisés dans ces recherches et les publications de l'U.N.E.S.C.O. dans le cadre de son programme d'étude de la « Zone aride ».

Pour A.S. PEARSE (*loc. cit.*), les éléments liés aux sables littoraux et continentaux peuvent, en résumé, se grouper ainsi :

A. Eléments des sables émergés en contact soit avec la mer, soit avec les eaux douces :

- a. Faunes des diverses zones de sables littoraux ;
- b. Faunes des dunes, zones des sables des lacs et cours d'eau.

B. Eléments des sables continentaux :

- a. Faune des sols sableux profonds : 1) en relation avec le domaine extérieur ; 2) sans relation avec le domaine extérieur.
- b. Faune des sables secs : 1) en profondeur ; 2) dans la couche superficielle ; 3) à la surface².

Nous verrons que cette classification ne coïncide pas exactement avec ce que l'on peut observer au Sahara.

1. SABLES LITORAUX.

Dans le Nord de l'Europe, le peuplement entomologique des sables littoraux a été bien étudié. On trouvera dans le travail de R. KROGERUS (1932) et dans celui de E. B. LARSEN (1936) une importante bibliographie sur ce sujet³.

Récemment, H. CASPERS (1951), dans une étude sur le peuplement du rivage bulgare de la Mer Noire, examine de façon intéressante les associations animales des sables.

En Amérique du Nord, les sables littoraux du Pacifique ont fait l'objet de quelques travaux parmi lesquels nous citerons ceux de N. J. SANDERS et V. E. SHELFORD (1922) et ceux, tout récents, de C. E. KAUFELDT (1954).

Nous trouvons encore, épars, dans la littérature, un grand nombre de renseignements concernant les milieux de ce type, des notes de capture le plus souvent.

2. SABLES CONTINENTAUX.

Le peuplement entomologique des sables franchement continentaux des régions tempérées a été étudié de façon plus ou moins complète au cours de divers travaux, dont on trouvera les références également dans R. KROGERUS, déjà cité et dans E. JAHN (1950).

(1) Le traité de D. N. KACHKAROV (1938) n'a pu être consulté.

(2) On consultera aussi W. TISCHLER (1949).

(3) Voir aussi la toute récente étude de P. ARDÖ (1957).

Des formations sableuses d'eau douce aussi importantes que celles qui encombrant en Amérique du Nord la bordure des lacs Michigan et Huron ont aussi attiré l'attention des naturalistes; nous signalerons la bonne revue que donne de ces travaux A. S. PEARSE.

Erik Tetens NIELSEN (1945), dans sa très vivante étude sur les *Bembex*, nous apporte un document d'une grande valeur où figurent de solides données écologiques relatives au milieu sableux.

Signalons encore que, comme pour les sables précédents, les entomologistes précisent souvent dans leurs listes de captures les habitats : sables, sols sableux, etc..., ce qui constitue parfois des indications écologiques précieuses.

Enfin, nous pouvons aussi noter que mention des sables est parfois faite dans les travaux envisageant la microfaune du sol en général : l'importante étude de C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE (1951).

Les sables des régions arides ont été maintes fois mentionnés dans les travaux ayant trait au peuplement du désert. Ils font même dans la plupart des cas l'objet de considérations étendues.

Citons d'abord P. A. BUXTON (1923, 1924 et *in* M. HACHISUKA, 1932) qui nous apporte les premières données. Si ses vues ont suscité parfois quelque controverse (H. HEIM DE BALSAC, 1936; J. P. STRELNIKOV, 1934) il n'en demeure pas moins cependant le précurseur.

La faune entomologique des sables de l'Asie a été en partie examinée par A. REYMOND (1938, 1938 a) : Asie centrale : F. S. BODENHEIMER (1935) : Palestine; D. N. KACHKAROV et E. P. KOROVINE (1942), édition de T. MONOD : Asie russe¹. Dans ce dernier ouvrage, nous trouvons en outre bon nombre de références se rapportant au peuplement des sables des différentes régions arides du globe, mais bien peu de données concernant leur faune entomologique. Néanmoins, ces derniers temps, quelques travaux relatifs à des points particuliers de ce problème ont été publiés dans certains pays : les références en seront données dans le texte.

Le peuplement entomologique des sables de l'Afrique semble avoir été plus étudié. De nombreux renseignements nous sont apportés sur sa composition, ses particularités, son comportement même.

Je rendrai d'abord hommage à l'œuvre de notre regretté maître, P. de PEYERIMHOFF.

Si les travaux de cet auteur ne sont pas dans l'ensemble axés essentiellement sur l'écologie, il en est cependant toujours tenu compte. Les études qui traduisent le mieux sa pensée en ce sens sont celles qui ont trait aux « *Saprinus sabulicoles du Nord de l'Afrique* » et à la « *Physiologie de la faune entomologique (Coléoptères) au Sahara* » (P. de PEYERIMHOFF (1936, 1938). Ce même auteur (1931, 1948, entre autre, et *in* A. REYMOND, 1946), fait souvent allusion au cours de ses publications à l'intérêt biogéographique que présente la faune sabulicole des régions arides.

(1) H. S. PRUTHI et D. R. BHATIA (1952) : Désert du Rajasthan (Inde).

Puis je citerai F. BERNARD (1948, 1953) qui, à propos des Fourmis du Fezzan et du Tassili n'Ajjer, nous rapporte de très intéressantes observations écologiques sur les formes liées aux sables de ces régions du Sahara.

Je signalerai encore les principaux travaux ou études régionales où il est fait état, par place, de la faune entomologique du sable ou de ses biotopes dans le nord de l'Afrique. Ceux de F. ESPANOL (1947) et de J. MATEU (1950) : Sahara Espagnol; ceux de J. MATEU (1953, 1954), de F. PIERRE et A. REYMOND (1948), de A. REYMOND (1946, 1949, 1950) : Sahara Nord-Occidental; la Mission d'étude des Hamadas Sud-marocaines : F. JOLY et *alt.* (1954). Ceux de E. GRIDELLI (1930) : Lybie¹, (1952) : Mauritanie; la toute récente monographie écologique de P. L. DEKEYSER et A. VILLIERS (1956), sur cette même région; ceux de T. MONOD (1951, 1951*a*, 1953), sur les biotopes de la zone aride. Ceux de R. PAULIAN (1943), à propos de l'habitat des Coléoptères en général.

La faune entomologique sabulicole si extraordinaire de l'Afrique du Sud, du Namib en particulier, a été étudiée d'un point de vue surtout descriptif par H. GEBIEN (1938). Ce même auteur (1939) nous donne aussi une étude intéressante des particularités des Ténébrionides sabulicoles. C. KOCH (1955, 1955*a*), poursuit l'exploration entomologique de cette région.

Il est encore utile de noter que R. JEANNEL (1942) insiste sur le parallélisme morphologique qui s'observe souvent dans les faunes sabulicoles du désert et du littoral.

Enfin, signalons cette remarque déjà historique puisqu'elle est de H. DUVEYRIER (1864) : « A peu près tous les Insectes du Pays Touaregs sont noirs ».

(1) G. FIORI (1955), G. FIORI et E. MELLINI (1956), E. MELLINI (1955, 1955*a*), E. MELLINI et G. FIORI (1954), résultats écologiques de mission en Tripolitaine, en cours de publication.

PREMIÈRE PARTIE

LE MILIEU

CHAPITRE I

LES SABLES VIFS DU SAHARA NORD-OCCIDENTAL

Le sable occupe près du quart de la superficie du Sahara tel qu'il a été défini précédemment.

Inégalement réparti, ce sable constitue des édifices de formes et de dimensions variées, comprenant non seulement les immenses massifs dunaires si caractéristiques que sont les ergs du Nord (fig. 1), mais encore les ensablements plus restreints, parfois minimes, fréquents en tous lieux.

Les sables des régions arides préoccupent les chercheurs de diverses disciplines depuis bien longtemps ainsi qu'en témoigne une bibliographie déjà importante. Mais, d'une façon générale, ces ouvrages sont surtout descriptifs et bien peu de renseignements quant à l'origine même des sables y figurent. Cependant, pour la partie du Sahara qui retient notre attention, j'ai trouvé de solides données dans les travaux de H. ALIMEN et *alt.* (1952), L. AUFRÈRE (1934), P. BELLAIR (1939, 1940, 1942), J. BOURCART (1928), R. CAPOT-REY (1943, 1948), J. DUBIEF (1952), R. PERRET (1935) et A. PRENANT (1951). R. CAPOT-REY (1953) apporte une très intéressante synthèse de nos connaissances dans ce domaine.

1. ORIGINE DES SABLES

La vieille idée qui tendait à voir dans le Sahara « un fond de mer desséchée » ayant été depuis déjà bien longtemps rejetée, la source même des sables du Sahara dans leur ensemble n'est plus discutée : les grès, dont la désagrégation suffit à rendre compte, non seulement de la présence des grands massifs dunaires, mais encore de celle des sables de formations plus restreintes, disséminées à la surface du désert. Au Sahara, les grès sont toujours des formations géologiques importantes si l'on en juge simplement par les témoins encore en place.

Bien que peu nombreux, les renseignements que nous possédons sur cette désagrégation des grès nous permettent de penser que les sables du Sahara Nord-Occidental sont le produit d'érosions successives dont le processus, dans les grandes lignes, semble être :

1. Une érosion fluviale en bassin fermé de grès d'origines diverses, dont résulte à l'embouchure des fleuves des nappes alluviales composées pour une grande part de matériaux sableux¹.

2. Une action éolienne qui, sous un *climat aride*, entre chaque pulsation du fleuve, effectue sur les nappes alluviales la sélection des sables, en assure le tri et la dispersion et, finalement, en édifie la dune et en maintient la vie par de constants remaniements.

3. Secondairement, une érosion éolienne restreinte de reliefs gréseux peu cohérents, et parfois une desquamation *in situ* du substrat, qui tend à se confondre avec le précédent.

Sous leur aspect actuel, les grands massifs dunaires sont d'origine récente. Ils datent tout au plus du début du Quaternaire et se sont maintenus depuis cette époque malgré de brèves périodes humides, dont la trace est indiscutablement inscrite au creux des dunes par la présence de sédiments lacustres. Mais, par des formations plus ou moins étendues, le sable a vraisemblablement existé de tout temps à la surface du Sahara si l'on en juge d'une part par ce que nous savons de son passé (paléoclimatologie, R. FURON, 1948; géologie, N. MENCHIKOFF, 1949) et, d'autre part, de la répartition des sables continentaux de l'Afrique non désertique (extension vers l'intérieur des terres des sables littoraux, sables d'origine continentale répartis çà et là).

2. ROLE DU RELIEF DANS LA RÉPARTITION ET LES QUALITÉS ÉCOLOGIQUES DES SABLES

Il ne fait pas de doute que dans une large mesure les grands traits du relief interviennent, directement ou indirectement, dans la répartition des sables et les types d'édifices et, partant, ont une influence écologique.

Sans trop vouloir entrer dans le détail quant au mécanisme même de ce rôle, je rappellerai simplement les thèmes principaux du relief dans cette région du Sahara, les ergs, les hamadas, les regs, les djebels et les oueds, lesquels, par ailleurs, coïncident, par les conditions écologiques qu'ils engendrent, avec les faciès biologiques que l'on s'accorde à reconnaître². Au dernier aspect, peuvent être rattachés les sebkhas et les palmeraies, qui sont bien souvent que des dépendances d'oueds³. Les palmeraies, milieu artificiel, par la permanence des eaux douces, constituent un faciès à part et un peu

(1) Lorsque, par exception, un bassin s'ouvre sur la mer, les matériaux d'érosion sont pour la plus grande partie drainés hors du continent. Les sables peuvent être restitués à la terre sous forme de longues plages, à partir desquelles le vent édifie les dunes littorales, puis les dunes sublittorales. Ces dernières s'étendent parfois en régions arides très profondément sur le continent sans que cependant soit marquée sous nos yeux, au-delà de quelques dizaines de kilomètres, une nette progression vers l'intérieur, par exemple, les sables du Maroc Sud-Occidental.

(2) Glossaire en fin d'ouvrage.

(3) Parfois, comme à Béni Abbès, elles ne sont aucunement tributaires de celui-ci, liées alors à une nappe phréatique ou à une résurgence.



Fig. 1. — Les grands massifs dunaires du Sahara Nord-Occidental. 1, Grand Erg Occidental; 2, Erg er Raoui; 3, Erg Igoudi; 4, Erg Chech. En trait fort, successivement du Nord au Sud : limite septentrionale des régions arides (ligne d'égal coefficient $D = 100$); limite septentrionale du désert (ligne d'égal coefficient $D = 10$); limites de la zone ultra-aride (au centre, ligne d'égal coefficient $D = 1$); limite méridionale du désert ($D = 10$); limite méridionale des régions arides ($D = 100$). (D'après J. Druier, 1952, partiel.).

atypique. Elles apparaissent, à la faveur des cultures irriguées du sous-bois, comme le milieu le plus humide du désert. Mais il s'agit indiscutablement de milieux récents, car leur peuplement propre est pauvre et peu spécialisé. Le sol, riche en matières organiques, bien qu'essentiellement sableux, ne s'apparente en aucun cas aux sables vifs.

1. **Les ergs.** — Nous ne nous étendrons pas ici sur les grands massifs dunaires, puisqu'ils font l'objet en grande partie de cette étude. Aux ergs, peuvent être rattachés tous les sables vifs du désert (pl. I, phot. 1).

2. **Les hamadas.** — Les hamadas sont d'immenses plateaux de calcaires lacustres ou marins assez compacts (pl. I, phot. 2). Leur uniformité n'est rompue que par quelques accidents locaux : simples ravinements, oueds peu profonds, faibles dépressions désignées sous le terme de *dayas*. Dans ces dépressions, l'eau issue des ruissellements, protégée de l'évaporation par un sol limoneux, maintient une vie abondante, difficilement séparable d'ailleurs de celle des ravinements et des oueds temporaires, où un processus de cet ordre peut s'observer. Ces plateaux sont parfois profondément éventrés par l'érosion ; des falaises importantes apparaissent alors et entretiennent dans les éboulis et les sables qui en encombrant la base, un peuplement souvent intéressant. Sur ce plateau même, le sable est un peu abondant. Il en saupoudre par place la surface et s'amonce dans quelques cas au pied des plantes, sous les pierres ou, plus rarement, forme de petites dunes sur les oueds. Le peuplement de ces sables est comparable à ce qui peut être vu dans les djebels. Certaines formes, par quelques éléments, leur sont cependant propres.

Quatre formations principales dans notre région : la Hamada du Guir, la Hamada de la Daoura, la Hamada du Dra et les Kem-Kem. F. JOLY et alt. (1954) viennent de nous donner une bonne étude d'ensemble des hamadas sud-marocaines.

3. **Les regs.** — Les regs sont des plaines de graviers arrondis ou anguleux mêlés de sables, de limons ou d'argiles (pl. II, phot. 1 et 2). Ces matériaux colmatent habituellement des dépressions de grandes dimensions et des ravinements au pied des montagnes. Ils sont surtout d'origine fluviale, mais peuvent, dans quelques cas, provenir de la désagrégation *in situ* de la roche. Une érosion fluviale modifie quelquefois localement leur aspect. Le sable peut y être présent, rarement cependant. Il obéit alors à des lois de répartition voisines des précédentes. Là, si l'on excepte le Tanezrouft, ce ne sont que de petites formations isolées, atteignant néanmoins une certaine ampleur au Sud, dans le Touat et le Tidikelt. Le reg constitue le faciès biologique le plus pauvre du désert.

4. **Les djebels.** — Les djebels, même de modeste altitude (500-800 m) comme ceux du Sahara du Nord-Ouest (pl. III, phot. 1 et 2), paysage de vallées souvent profondes aux flancs d'une aridité extrême

et au fond parfois humide, de plateaux rocheux, de plaines alluviales, recèlent des ensablements de formes et de dimensions variées, allant de la simple butte aux petits ergs intérieurs comme ceux des Monts d'Ougarta.

De leur altitude parfois, de leur pouvoir collecteur surtout, résultent souvent une manifestation inattendue de la vie au désert : forêt d'*Acacia* à aspect de savane, ou végétation comparable à la steppe, ou bien encore vallées dotées d'une flore riche ou même bas-fonds avec mares.

On ne peut donc s'étonner d'une faune sabulicole assez particulière.

Les Djebels d'Ougarta, le Kaal de Tabelbala, le Djebel bet Tadjine — l'ensemble formant les Monts ou Chaînes d'Ougarta des géologues — le Djebel Béchar et, au Sud, la région très mal connue des Eglabs, constituent les principaux massifs de la région.

5. **Les oueds.** — Deux types d'oueds peuvent être distingués :

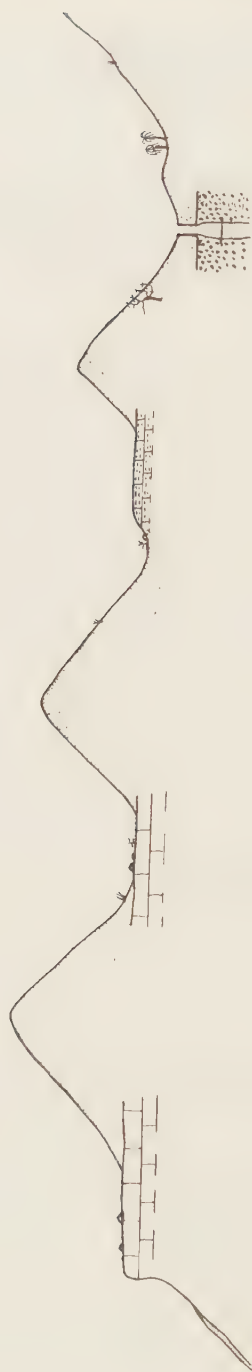
a) Les *oueds à écoulement temporaire* (pl. IV, phot. 1), qui ne sont que de simples ravinements à la surface des hamadas, des regs, des djebels, alimentés non par des sources, mais par les pluies locales. Le fond en est occupé par un sol plus ou moins fertile, susceptible de conserver l'eau assez longtemps pour permettre à une végétation parfois dense de s'y maintenir. Les sables sont ceux des trois précédents faciés.

b) Les *oueds à sous-écoulement permanent*, qui sont généralement des appareils très complexes. L'Oued Saoura, l'un des plus typiques, nous servira d'exemple.

L'Oued Saoura (pl. IV, phot. 2) naît de la confluence, à l'orée du désert, peu en amont d'Igli, de l'Oued Guir, originaire du Grand Atlas Marocain et de l'Oued Zousfana, issu de l'Atlas Saharien. Il peut être en eau : 1° sur une partie de son cours, à la suite de pluies locales drainées par des affluents secondaires, des oueds du type précédent; 2° sur la totalité de son cours, à la suite d'apports massifs de ses affluents principaux, le Guir et la Zousfana. On dit alors, improprement d'ailleurs, qu'il est en crue. Lorsque ces « crues » atteignent une ampleur suffisante, la Saoura coule parfois pendant une quinzaine de jours, soit, au total, sur un cours d'environ 400 km, son prolongement méridional, l'Oued Messaoud, étant alors actionné. La Saoura draine ainsi des *eaux visiblement extra-sahariennes* jusqu'au cœur du désert.

Mais sa particularité essentielle réside dans l'inférox flux entretenu non seulement par les affluents principaux et l'eau d'infiltration des crues, mais encore par quelques modestes sources issues des calcaires pliocènes qui le bordent — sur lesquels repose le Grand Erg Occidental, à l'origine probable de ces résurgences — et qui, lui aussi, alimente des régions plus méridionales.

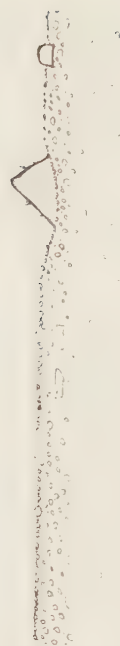
A nos yeux, ce sous-écoulement se manifeste par une ligne presque ininterrompue de gueltas et de sebkas auxquelles est liée une vie abondante comprenant de nombreux halophiles, car ces eaux



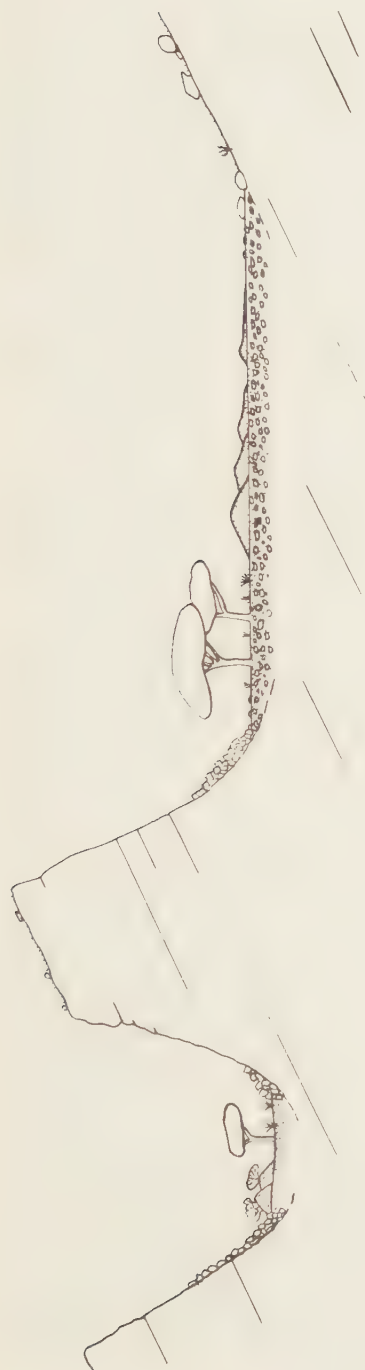
2



3



4



5



6

FIG. 2-6. — Grands traits du relief et répartition des sables au Sahara Nord-Occidental. 2. L'erg; 3, La hamada; 4, Le reg; 5, Le djebel; 6, L'oued à sous-écoulement permanent (Vallée de l'O. Saoura, en aval de Béni Abbès, d'après H. ALIMEN et *alt.*, 1952, simplifié).

acquièrent, par places, au cours de leur cheminement dans le sol, une certaine salinité. Mais cette *ric* est pour une grande part *extra-saharienne*, comme l'eau qui en assure le maintien¹.

Les sables encombrant entre chaque crue le lit du fleuve par des édifices variés : nappes sableuses plus ou moins fixées, nebkas se présentant parfois sous l'aspect de buttes monumentales vives ou semi-fixées, sables temporaires, dont la faune comprend quelques formes particulières. En dehors du cours actuel, le lit de l'oued, le lit fossile, est occupé, par endroits, par des formations de types analogues mais bien plus stables; leur peuplement diffère peu de celui des sables pris sur les faciès précédemment cités.

Dans notre région, l'Oued Daoura, qui se perd dans l'Erg Ignidi, et peut-être le Namous, dont les eaux sont captées par le Grand Erg, peuvent être rattachés au type Saoura².

3. CLASSIFICATION ÉCOLOGIQUE ET DESCRIPTION DES SABLES

De la répartition du sable en fonction du relief résulte la masse, les formes, la granulométrie et les ressources hydriques de ce milieu; ce dont je tiendrai compte d'abord dans l'ordre écologique que je propose maintenant.

La faune sabulicole des grands massifs dunaires donne au peuplement son caractère marquant. Mais celle des sables isolés met toujours en évidence nombre de faits écologiques d'un grand intérêt. En cela, ces dernières formations retiendront aussi particulièrement notre attention.

Ces sables, dans leur ensemble, forment trois grands groupes :

1. Les ergs majeurs.
2. Les ergs mineurs et les sables isolés.
3. Les sables des cavités souterraines.

1. Les ergs majeurs

Le degré d'humidité, quelle que soit l'origine de l'eau (météorique ou phréatique), quelle que soit la qualité de celle-ci, douce ou plus ou moins salée), sépare foncièrement ces grands massifs.

La dune, toujours importante, est faite d'un sable assez régulièrement calibré, relativement fin, mais néanmoins plus grossier que celui des autres types d'édifices³.

(1) Le sous-écoulement accuse pendant la saison sèche une baisse de niveau importante, nettement appréciable dans les gueltas, et se traduisant par un accroissement de la teneur en sel. J'ai observé sur l'Oued Saoura à Béni Abbès, le 15 septembre 1947, date à laquelle le niveau des eaux était extraordinairement bas, des valeurs atteignant jusqu'à 63,4 ‰.

(2) Voir à propos des crues J. DUBIEF (1953) et F. JOLY (1950).

(3) Certaines régions appartenant aux grands ensembles sont désignées sur les cartes par des termes particuliers. Ces petits ergs, lorsqu'ils sont attenants aux unités considérées, feront partie intégrante de la zone sableuse en cause, car ces désignations particulières ne correspondent, dans la plupart des cas, qu'à un aspect qui diffère souvent peu de l'ensemble voisin. Il peut s'agir de la profondeur de la nappe, de la densité de végétation, etc...

A. ERGS HUMIDES.

Les ergs humides, caractérisés en premier lieu par une *nappe phréatique* à débit à peu près constant, bénéficient encore de pluies relativement notables qui, bien que très irrégulières, ont un rôle écologique qui est loin d'être négligeable, ainsi que nous le verrons au cours des chapitres suivants.

Ce sont généralement des massifs compacts où la dune peut atteindre couramment une puissance supérieure à 100 m¹.

Ce type d'erg est représenté au Sahara Nord-Occidental par le Grand Erg Occidental et l'Erg er Raoui.

1. **Grand Erg Occidental.** — Le Grand Erg Occidental (pl. V, phot. I) s'étend d'Ouest en Est sur plus de 500 km et, du Nord au Sud, en moyenne sur 150 km. Sa surface est estimée à 80 000 km². Il est bordé au Nord par l'Atlas Saharien, au Sud par le Tademaït, à l'Est par les falaises du Mزاب, et à l'Ouest par la Saoura. Le niveau de base se situe à une altitude moyenne de 500 m.

Cet erg est constitué par une succession de chaînes de dunes assez régulièrement orientées NE-SW, plus ou moins anastomosées transversalement par des formations plus restreintes. L'ensemble repose, d'après ce que nous en savons, sur une surface à peu près plane mais profondément érodée par place, la hamada au sens large, ou sur des travertins sableux concrétionnés, appuyés eux-mêmes sur des sables anciens, ou bien encore, dans le sud, sur les grès du « continental intercalaire » (R. CAPOT-REY, 1943; A. CORNET, 1952). L'interdune laisse parfois paraître des fonds caillouteux, des taïerts, dont l'ensemble représenterait, suivant R. CAPOT-REY précédemment cité, un cinquième de la superficie totale du massif; ce qui, au demeurant, n'en modifie guère la compacité.

A la surface de l'erg, assez régulièrement répartis, s'ouvrent de nombreux puits qui atteignent la nappe aquifère à des profondeurs comprises dans notre région entre 5 et 25 m et où l'eau est généralement douce.

Cette nappe aurait pour origine essentielle, selon A. CORNET (*loc. cit.*), les eaux du versant méridional de l'Atlas Saharien. A celles-ci s'ajouterait l'eau de pluie reçue à la surface de l'erg et, éventuellement, des condensations nocturnes². Cette eau alimenterait au sud, en plus de l'erg lui-même, les régions du Gourara et du Touat, c'est-à-dire pour cette dernière, la bordure nord du Tanezrouft³ !

De cette eau abondante résulte un peuplement dense à l'échelle

(1) Des dunes d'une puissance de 300 m existent dans l'Erg de Mourzouk au Fezzan (R. CAPOT-REY, 1953).

(2) Nous verrons au Chapitre III ce qu'il y a lieu, en définitive, de retenir au sujet de ces condensations.

(3) Voir à propos de l'origine des nappes de l'erg la bonne étude de J. DUBIEF (1953) et plus particulièrement la carte du ruissellement superficiel qui lui est jointe.

saharienne et la végétation prend souvent, par places, un aspect de steppe.

2. Erg er Raoui. — L'Erg er Raoui (pl. V, phot. 2), littéralement : l'erg humide, se rattache nettement à l'erg précédent. Il n'en diffère que par ses dimensions plus restreintes et par la faible profondeur de sa nappe qui, bien souvent, extrêmement voisine de la surface, peut être atteinte au creux des dunes à moins d'un mètre.

C'est un erg en bande étroite, d'environ 250 km de longueur sur 25 km de largeur moyenne. Il est bordé au Nord par les Djebels d'Ougarta et au Sud par le Kaal de Tabelbala. Sa nappe phréatique paraît être alimentée par les oueds drainant du Nord les eaux de la Hamada du Guir dans sa partie occidentale, auxquelles s'ajoute l'apport du double système collecteur que constituent les djebels cités ci-dessus. L'altitude du substrat se situe entre 300 et 500 m.

Le peuplement végétal de cet erg est par sa qualité et par sa densité assez analogue à celui du précédent.

B. ERGS SEMI-HUMIDES.

Un seul édifice de ce type : l'Erg Iguidi.

Erg Iguidi. — L'Iguidi (pl. V, phot. 1) est un massif peu compact, dont le relief, accentué seulement par place, ne possède aucune la régularité de celui du Grand Erg Occidental. Il s'étend d'Ouest en Est sur 300 km environ et, du Nord au Sud, non comprises les ultimes chaînes qui le prolongent au Sud-Ouest vers la Mauritanie, sur environ 200 km. L'Iguidi n'a pas de limites très nettes : au Nord, séparé de l'Erg er Raoui par le Kaal de Tabelbala, il a reçu le nom d'Erg el Atchane; au Sud, il est limité, en principe, aux Eglab, mais en réalité, meurt, clairsemé, sur le Hank en Mauritanie; à l'Est, il se confond avec l'Erg Chech par l'Erg Iabés. L'altitude de base est voisine de 300 m.

Cet ensemble est une succession de longues chaînes irrégulières de dunes et de massifs aux formes variées, sans orientation dominante, disséminés à la surface d'un relief assez uniforme, formé de regs immenses et de vastes sebkhas.

Sur les grands taïerts que laisse paraître la dune : regs de matériaux variés, ou sebkhas dont les sédiments fraîchement craquelés témoignent de pluies importantes relativement récentes, se détache, par place, un relief secondaire de garas, de falaises et de côtes.

D'une façon générale, la dune ne s'élève guère au-dessus d'une cinquantaine de mètres. La lisière méridionale révèle cependant quelques massifs fort compacts où la dune atteint une plus grande puissance, au puits de Boubout notamment.

Les puits sont peu fréquents, surtout dans la partie centrale.

Leur eau accuse parfois une légère teneur en sel. On ne sait rien de la nappe — ou des nappes — qui les alimente¹.

Le peuplement est dans cet erg assez limité. Au Nord, bénéficiant de ressources hydriques plus importantes, il rappelle celui des ergs précédemment cités, bien qu'en étant géographiquement séparé. Cette similitude est surtout sensible dans les dépendances du Nord-Ouest : Erg el Atchane et Erg el Atimine. Vers le Sud, ce peuplement est graduellement appauvri, demeurant néanmoins, par endroits, encore parfaitement notable.

L'Igudi Septentrional est en outre assez influencé par le cours d'un oued important : l'Oued el Ethel, ultime prolongement méridional de l'Oued Daoura, qui tient l'essentiel de ses eaux du Grand Atlas. Du sous-écoulement de cet oued résulte une zone, assez étendue, où la végétation atteint, par places une grande densité. Cet oued, comme tous les oueds à sous-écoulement, draine ici quelques formes septentrionales qui se trouvent mêlées à la faune locale et qui subsistent à la faveur des biotopes plus humides qu'engendre la présence de ces eaux.

C. ERGS SECS.

Là, un seul massif de ce type également : l'Erg Chech.

Erg Chech. — Le Chech (pl. VI, phot. 2) s'étend, au cœur de la zone ultra-aride, suivant un axe Nord-Est-Sud-Ouest d'environ 600 km et, perpendiculairement à cet axe, sur en moyenne 250 km. Au Nord, nous l'avons vu, il se confond avec l'Erg Igudi; au Sud, il meurt sur le Djouf; à l'Est, il est limité par les regs et sebkhas du Touat et, plus au Sud, s'étend encore vers le Tanezrouft. L'altitude moyenne de la région est voisine de 300 m.

Le Chech diffère en tout point des ergs précédents. Il est formé, dans la partie orientale que j'ai parcourue en compagnie de J. MATEU, par un réseau excessivement ample de chaînes dunaires assez régulières, auxquelles se mêlent de gros nœuds d'erg; ces chaînes sont orientées dans l'ensemble NE-SW, et leurs dunes ne semblent pas dépasser une cinquantaine de mètres de puissance.

Les mailles de ce réseau sont occupées par d'immenses taïerts de regs ou de hamada, profondément ravinés, atteignant souvent une largeur de plus de vingt-cinq kilomètres. Jalonnés de témoins d'érosion de nature diverse, ces ravinements aboutissent souvent à de vastes sebkhas dont le fond est colmaté par une épaisse couche de

(1) Notons que dans le Sud-Ouest, dans le Menakeb, l'eau serait particulièrement abondante. Le Capitaine FLYE-SAINTE-MARIE, commandant la Compagnie saharienne du Touat lors de la première reconnaissance de la région en 1904, s'exprime ainsi : « La journée est employée à mettre au net le levé du Menakeb. Quinze puits ont été reconnus presque tous à fleur de terre, chacun d'eux présentant un bouquet de palmiers-dattiers... ». Et plus loin : « A Hassi Hakhla, une amorce de terrier creusé par les renards aboutit à la nappe par une pente douce où pullulent les traces de ces animaux ». Il pourrait s'agir de *Fennecus zerd* Zimm.) qui, en captivité, absorbent un peu d'eau (A. DESCARPENTERIE, inf.). Cf. aussi note p. 289.

concrétions salines boursoufflées ou bien encore fragmentées en blocs énormes, reflet d'un climat d'une aridité extrême.

Les puits sont peu nombreux et toujours salés. Nous ignorons leur système d'alimentation. Dans la partie orientale, les puits que nous avons visités ont une profondeur ne dépassant pas deux mètres. Par places, la nappe affleure même. Au puits de Nihil, par exemple, l'eau pouvait être atteinte, en avril 1951, à une profondeur de 50 cm seulement.

La pluie est dans cette région un phénomène très exceptionnel. L'évaporation est plus intense que partout ailleurs et la température très élevée¹. La vie, inattendue, demeure pourtant, très localisée et considérablement réduite².

Dans tous ces ergs sans exception, plus frappantes peut-être, paradoxalement, dans le Chech, apparaissent à chaque pas les traces indiscutables de périodes humides d'âges divers et d'importance variable.

Les plus anciennes sont indiquées par des témoins d'érosion, garas ou buttes de matériaux divers, et par des ravinements plus ou moins profonds.

Les plus récentes sont révélées par des travertins que laissent entrevoir parfois le creux des dunes et dont les flores et les faunes fossiles sont analogues à celles qui vivent de nos jours aux rares points d'eau des mêmes régions; par des coquilles d'eau douce que nous trouvons en surface au fond des sebkhas, parfaitement comparables aux formes actuelles; et, plus près de nous, ce sont ces fonds même de sebkhas qui nous indiquent par les craquelures de leurs sédiments des épisodes humides beaucoup plus brefs.

Enfin, l'important outillage de l'homme préhistorique, qui jonche le bord des sebkhas, n'est pas sans rapport avec un Sahara humide, à peine plus qu'un Sahara de savanes, tel qu'il existe encore aujourd'hui, par places, dans les zones de ruissellement (pl. III, phot. 2), capable néanmoins d'assurer par une faune abondante la subsistance de tout un peuple de pêcheurs et de chasseurs (cf. J. DUBIEF, 1953 *a*).

L'origine de ces périodes humides doit-elle être recherchée dans une pluviosité durablement et considérablement accrue, dans des pulsations fluviales plus fréquentes et d'une plus grande ampleur ou dans des fluctuations importantes de la nappe? Une spécialisation, aussi poussée de la faune sabulicole que nous allons étudier s'accommoderait mal d'un régime pluviométrique élevé, sans toutefois être incompatible avec un léger accroissement de la pluviosité. La conjugaison de ces différents phénomènes apporterait une explication plus satisfaisante, ainsi que nous le verrons à la fin de ce travail.

(1) J'ai observé dans l'Erg Chech Oriental, le 24 avril 1951, à 12 h 00, une température atteignant déjà 44° C.

(2) Je signalerai encore pour être complet les *ergs morts*, sables fixés ou semi-fixés, situés sous un climat relativement pluvieux à l'échelle saharienne. Ce type d'erg, hors de notre domaine, ne sera cité que pour mémoire.

2. Les ergs mineurs et les sables isolés

Ces faciès diffèrent essentiellement des précédents par la granulométrie de leurs sables, considérablement plus fine ici que dans les grands ensembles. L'eau est aussi distribuée différemment.

1. **Ergs mineurs.** — Ce sont généralement de petits massifs compacts de faible superficie. L'absence de nappe phréatique nous conduirait à les rapprocher des ergs secs. Cependant, suivant le climat auquel ils sont soumis, ils peuvent être caractérisés par leur degré d'humidité ou bien, s'ils sont situés à proximité des grands ensembles précédemment décrits, leur être simplement rattachés.

Particulièrement vulnérable aux périodes sèches, leur peuplement est assez temporaire; il se limite, épars, à la bordure et aux bavures. Nous ne citerons que les ergs vus dans la région de Béni Abbès : Erg Atchane, Erg Chebbi, Erg Belfelfoul, Erg el Djemel, ces trois derniers situés au cœur des Djebels d'Ougarta.

2. **Groupes de dunes et dunes isolées.** — Situées à proximité des autres ensembles ou bien naissant çà et là isolément sur les hamadas, les regs, parfois dans les djebels, mais plus souvent sur les oueds, ces dunes (pl. VII, phot. 1) sont faites de matériaux assez fins. Un peuplement, où entrent quelques éléments particuliers, se maintient à la faveur de l'eau collectée par le substrat.

Dans quelques cas, constituées de sables plus grossiers et localisées sur un oued à sous-écoulement, même restreint, ou bien encore à proximité d'une palmeraie dont elles absorbent une partie des eaux d'irrigation, ces dunes abritent un peuplement parfois dense. Ce peuplement est tout à fait analogue, dans ses éléments principaux, à celui des grands ensembles régionaux.

Ce type de dune est fréquent en régions ultra-arides, où le peuplement peut même atteindre temporairement une certaine densité.

Situées sur une nappe salée peu profonde, ces dunes sont alors solidement fixées par différentes espèces de *Tamarix*, dont les exsudations donnent souvent au sable une grande cohésion, laquelle s'oppose à l'installation de tout sabulicole.

3. **Sables des rochers.** — Ensablements sans grand relief à la surface de plans rocheux (hamadas, djebels (pl. VII, phot. 2), garas), en contact direct avec la roche, et qui doivent au substrat une humidité souvent durable, apportée par absorption et par évaporation, à partir de l'eau emmagasinée dans les fissures, par l'important système collecteur que constituent toujours au désert les surfaces non perméables.

4. **Nappes sableuses.** — Elles sont formées de sables souvent plus fins que ceux qui constituent les autres édifices. A ces sables, se trouvent parfois mêlés quelques éléments pulvérulents. Ces matériaux colmatent le fond d'immenses dépressions (pl. VIII, phot. 1) et quelquefois le fond des oueds. Elles bénéficient alors d'une humidité parfaitement notable. Ces nappes apparaissent encore au pied des

falaises ou *hanks*; la formation prend dans ce cas le nom de *baten* (en Mauritanie surtout, où elles sont particulièrement bien représentées). Le relief est généralement nul. Une végétation importante peut s'y développer.



FIG. 7. — Grotte de la Gara Diba à Béni Abbès. A, coupe; B, plan.

5. **Nebkas.** — Ce sable, retenu en butte parfois volumineuse (pl. VIII, phot. 2) au pied des végétaux isolés, lorsqu'il conserve une parfaite mobilité, abrite quelques éléments spécialisés. L'eau que lui apporte la plante et les ressources alimentaires que la présence de cette dernière entraîne, en font un milieu extrêmement intéressant, surtout dans les régions où le sable est stérile ou mal représenté¹.

(1) Rappelons aussi pour mémoire les buttes parfois monumentales atteignant jusqu'à cinq ou six mètres de hauteur, *nebkas* d'un type particulier, qui s'édifient parfois dans l'erg ou en bordure de celui-ci, sur des oueds, sur des *sebkhas*, au pied de certains végétaux, le plus souvent des *Tamarix*. Elles sont constituées par un sable rendu cohérent par les feuilles et les exsudations de l'arbre qui s'y trouvent mêlées. La faune entomologique y est pratiquement nulle. C. KILLIAN (1947) a donné une bonne étude pédologique de ces formations.

3. Les sables des cavités souterraines

Les cavités souterraines, bien que peu fréquentes, abritent des sables qui possèdent une faune très particulière.

1. **Sables des grottes et cavités rocheuses.** — Ce sont des sables éoliens (fig. 7), jamais en contact avec l'eau¹. Leur faune, très limitée, fréquente uniquement la surface du sable, dans une obscurité plus ou moins complète, se nourrissant de proies variées issues des groupements qui peuvent s'établir dans la cavité même.

2. **Sables des terriers.** — Il s'agit des parois des terriers (fig. 8) de quelques Vertébrés. La faune est dans ce cas autant liée aux matières azotées résultant de la présence de l'hôte qu'au sable.

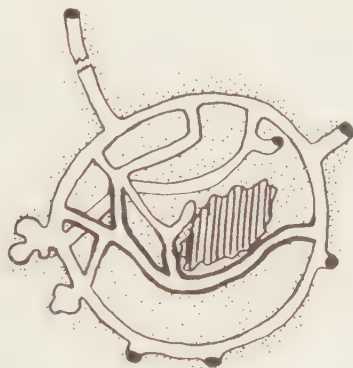


FIG. 8. — Plan schématique d'un terrier de Rongeur
(*Psammomys obesus* Cretzschmar).

En hachures : emplacement du végétal; en trait fort : galeries supérieures.
(D'après F. PETER, 1952, simplifié).

J'ai volontairement rejeté dans cette classification les sables liés aux collections d'eau libre car ils appartiennent à un tout autre domaine. Ce milieu s'oppose en effet foncièrement aux sables vifs, non seulement par la nature et la valeur de ses facteurs écologiques, mais aussi par son peuplement.

4. Les biotopes des sables vifs

Il nous reste à préciser maintenant ce que sont dans ces sables les *habitats* en général et, plus particulièrement, dans les grands massifs dunaires.

On remarque plusieurs essais : A. REYMOND (1949) à propos des ergs du Nord-Ouest saharien, T. MONOD (1951, 1951 *a*, 1953) pour la Mauritanie. Ce dernier auteur (1953) brosse même un tableau d'ensemble pour la Mauritanie. Au § III de ce tableau, on relève la liste suivante des principaux habitats du « substratum meuble » :

(1) Lorsque la cavité abrite une source, les sables vifs ne peuvent se maintenir.

« 1. Oueds ensablés à sous-écoulement profond et tayaret sableuses. 2. Oueds ensablés humides. 3. Zones d'épandage ensablées périphériques. 4. Nappes dunaires à pseudo-steppes : pied et glacis des grands bras d'erg. 5. Dunes vives à matériel mobile : a) aklés confus; b) bras parallèles; c) champ de dunes élémentaires (barkhanes, etc.) sur substratum plat compact. 7. Cuvettes lacustres desséchées sablo-argileuses ».

Dans l'erg, A. REYMOND (1949) voit, lui, les biotopes suivants :

« a) La crête de sable meuble que ne hantent que les oiseaux; b) la base de la dune à nombreuse végétation enracinée et où la vie est dense; c) l'inter-dune sableuse avec une végétation de steppe dense et intensité de la vie animale; d) les taierts : zones de hamada pénétrant ou isolée dans l'erg et dont les conditions de vie sont celles des hamadas; e) les dunes de région ultra sèche où la végétation manque au creux même des dunes. Type probable : les dunes du cœur de l'Erg Chech où un voyage d'étude serait utile à faire ».

Je pense, avec T. MOXON (1953), qu'il n'est pas possible de dresser un schéma unique pour l'ensemble du désert. Une classification même aussi générale que celle qui vient d'être donnée plus haut ne peut s'appliquer à toutes les régions. On s'en aperçoit aisément en confrontant ce tableau à celui que nous donne T. MOXON de la Mauritanie désertique. Des paysages, par exemple, tels que l'aklé et les dunes mortes, sont totalement inconnus dans notre secteur.

Pour l'erg même, il paraît difficile d'être formel.

En ce qui concerne les biotopes de la faune entomologique des sables vifs, j'incline à voir simplement pour ma part, compte tenu de la classification des milieux sableux que nous venons de proposer et ainsi que le montrera cette étude :

1. Les *sables secs* et parfaitement mobiles, « fluides », de la couche de surface prise dans son ensemble. En effet, dans ce biotope aux larges frontières, les *errants*, larves ou adultes, sont même parfois contraints, à la suite de l'incessant remaniement éolien du sable, de s'installer temporairement jusqu'au *sif*, la crête de la dune (certains Lépismes, plusieurs Coléoptères).

2. Les *sables humides* et cohérents de la profondeur, formant le substrat du précédent, ou bien encore des « noyaux » dans le sable sec.

Quant aux taierts, nous partageons l'avis d'A. REYMOND en les rattachant soit au reg, soit à la hamada, dont ils conservent les caractères écologiques dominants et dont ils ne sont en fait, le plus souvent, que des témoins, lambeaux du substrat que le sable laisse à découvert.



Les sables du Sahara Nord-Occidental se présentent donc sous de multiples aspects. Ils constituent, par ailleurs, un milieu très ancien, doué d'une certaine continuité dans le temps.

CHAPITRE II

LES FACTEURS CLIMATIQUES

Au désert, l'étude des principaux facteurs du climat par le seul examen des valeurs que nous apportent les « moyennes officielles » ne peut guère aboutir qu'à des notions assez générales. Par contre, l'étude de la *répartition* de ces valeurs au cours de l'année, même sous forme de moyennes, est déjà plus significative. Elle demeure cependant insuffisante pour rendre compte des variations qui apparaissent au cours d'une période déterminée et qui modifient parfois profondément le *climat au sol*, le *climat interne du sable*, et aussi les *microclimats* qui parfois caractérisent en premier lieu certains biotopes.

Ce chapitre a pour objet de montrer ce que sont ces variations périodiques et, par ailleurs, de mettre en évidence les différences qui existent entre le climat habituellement enregistré à 2 m et le climat au sol des faciès écologiques élémentaires du désert : l'erg, la hameda, l'oued et la palmeraie; le reg et le djebel ne pouvant, fait regrettable, être étudiés dans le même temps en raison de leur éloignement du point de base.

J'ai donc considéré sous cet angle, pour Béni Abbès, après une brève revue comparative des grands traits du climat du Sahara Nord-Occidental, d'abord les données climatiques essentielles enregistrées sous abri à deux mètres pendant la période s'étendant de 1940 à 1950 dans leurs valeurs absolues et leurs variations périodiques.

Puis, j'ai examiné les principaux facteurs mésoclimatiques au sol, sous abri, en fonction des saisons et des principaux faciès du désert, ces données étant comparées dans le même temps aux facteurs climatiques locaux à deux mètres. Cette étude a été effectuée au cours d'une période couvrant une année en 1949-1950, époque où se situe l'essentiel de mes observations.

Aux chapitres suivants, ces données seront raccordées à celles qui pourront être dégagées de l'étude du climat interne du sable et des microclimats.

Je ne considérerai ici bien entendu que les facteurs climatiques dont le rôle écologique peut être actuellement établi avec certitude :

1. En tant que grands traits du *climat régional* et données essen-

tielles du *climat local* : les facteurs pluie, température, évaporation et humidité relative.

2. En tant que principaux *facteurs mésoclimatiques au sol* : la température de l'air, la température du sol en surface et l'humidité relative de l'air.

1. LES GRANDS TRAITS DU CLIMAT AU SAHARA NORD-OCCIDENTAL

Nous examinerons d'abord successivement les localités de Tindouf, Colomb-Béchar, Béni Abbès, Adrar et Ouallen, assez comparables ainsi que nous le verrons à la fin de ce paragraphe¹. Puis, nous tenterons de dégager de cet examen, sur le plan éoclimatique, le caractère et les affinités de cette région.

1. **Pluie.** — La moyenne annuelle des pluies (Tabl. I, fig. 9, 10, 13-14) est, à Tindouf, sur la frontière occidentale de notre secteur, de 32,0 mm. Ces pluies se répartissent sur trois saisons : en mars, déjà notables (5,7 mm), en août-septembre-octobre, totalisant 21,6 mm et en décembre, alors assez faibles (2,8 mm).

A Colomb-Béchar, sur la frontière nord, cette moyenne est de 67,5 mm. La pluie se répartit également sur trois saisons : mars et avril (11,3 mm), juin (4,0 mm) et de septembre à février où elle atteint 47,8 mm.

A Béni Abbès, 200 km au Sud de la localité précédente, la moyenne annuelle n'est plus que de 31,9 mm. La pluie est répartie sur deux saisons : en février-mars (9,6 mm) et de septembre à décembre, atteignant 17,5 mm.

A Adrar, en bordure de la zone ultra-aride, la moyenne annuelle n'atteint plus que 15,5 mm. Les pluies sont à peu près groupées en octobre-novembre-décembre et égales pour cette période à 10,7 mm. On remarque en outre, 1,5 mm en mars et 1,2 mm en mai.

Bou Bernous, à la même latitude que la station précédente, accuse « provisoirement » une moyenne de 6,1 mm. Cette donnée est établie sur trop peu d'années pour que nous nous y arrêtons.

En bordure du Tanezrouf, Ouallen, dont la moyenne pluviomé-

(1) Les renseignements climatiques utilisés m'ont été obligeamment communiqués par la MÉTÉOROLOGIE NATIONALE. J'ai en outre consulté très utilement les travaux de C. E. P. BROOKS *in* M. HACHISUKA (1932), J. DUBIEF (1950, 1951, 1953), de J. DUBIEF et J. LAURIOL (1943), J. DUBIEF et P. QUENEY (1935), R. PERRET (1935), de P. SELTZER (1946) et de L. WELTER (1941). Bien que les observations rapportées ne soient pas toujours effectuées dans des conditions rigoureusement identiques (type d'abri, résultats incomplets et alors extrapolés, etc...) nous supposons, n'entrant pas trop dans le détail, que les résultats sont comparables. En fait, ceci ne modifie d'ailleurs pas foncièrement les vues d'ensemble que nous esquissons ici.

TABLEAU I

Pluie en Afrique désertique du Nord-Ouest ¹
suivant des latitudes, longitudes et altitudes diverses

(Moyennes mensuelles et annuelles, en mm)

N - S W - E	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Moy. ann.
Agadir 18 m	43	24	39	17	5	0,8	0,1	3	0,7	10	37	26	206
Tindouf 600 m	0,2	0,0	5,7	0,0	0,0	0,0	0,4	11	6,8	3,8	1,3	2,8	32,0
Bou Bernous 442 m	0,0	0,2	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	2,3	0,0	0,0	0,6	6,1
Port Etienne 7 m	3,2	0,6	0,9	0,1	0,5	0,2	0,1	0,1	8,6	11,7	1,5	9,3	36,8
Atar 232 m	1,2	0,0	0,9	0,6	1,1	2,1	7,9	30,4	26,9	3,2	1,2	1,1	76,6
Oran I. M. 11 m	63	46	41	37	27	9	1	2	14	29	77	82	428
Aïn Sefra 1 072 m	10	10	14	9	15	28	8	7	15	29	29	18	192
Col.-Béchar 769 m	6,2	4,7	9,3	2,1	1,7	4,0	0,3	2,3	5,8	14,6	9,3	7,2	67,5
Béni Abbès 493 m	1,3	2,2	7,4	1,1	0,2	0,2	0,1	1,9	3,2	4,7	5,7	3,9	31,9
Adrar 286 m	0,0	0,4	1,5	0,0	1,2	0,1	0,5	0,5	0,6	4,6	5,1	1,0	15,5
In Salah 280 m	3,6	2,9	0,5	0,2	0,2	0,0	0,0	1,3	0,6	0,7	4,9	1,8	16,7
Ouallen 346 m	0,2	0,4	1,8	0,0	0,0	0,0	1,1	3,6	0,5	0,1	4,1	0,0	11,8
Kidal 481 m	0,0	1,0	0,0	1,1	4,9	5,7	25,7	63,2	27	1,3	0,0	0,2	130,1
Gao 269 m	1,0	0,1	1,6	0,3	8,3	29,5	73,0	92,6	24,7	3,5	0,1	0,0	234,7
Ouargla 135 m	5,3	3,5	4,7	2,9	2,1	0,1	0,0	0,2	0,3	3,5	8,8	7,7	39,1
Tamanrasset 1 400 m	6,1	0,5	0,9	4,0	10,9	3,4	3,1	10,3	2,4	1,0	0,3	0,9	43,8
Agadès 520 m	0,0	0,0	0,1	0,2	5,6	8,3	49,2	93,3	18,3	0,0	0,0	0,0	175,0

(1) A ce tableau, ainsi qu'aux suivants, ont été portées, en outre, soit à titre de frontières climatiques, soit à titre de simple document, quelques localités autres que celles se rapportant au désert dans cette région de l'Afrique.

trique n'est que 11,8 mm, reçoit des pluies en mars (1,8 mm), en juillet-août (4,7 mm), et en novembre (4,1 mm).

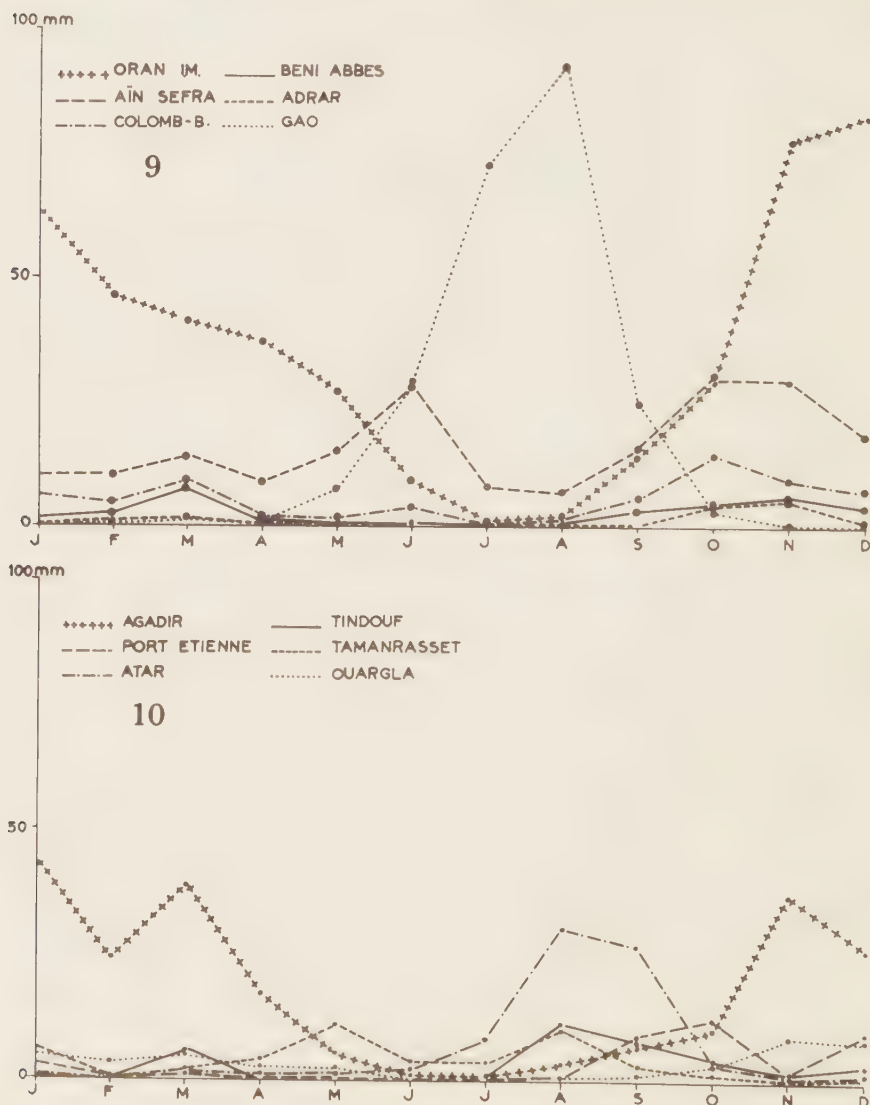


FIG. 9-10. — La pluie en Afrique désertique du Nord-Ouest.
 9. Suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao (approximativement méridien 0).
 10. Sur les frontières du Sahara Nord-Occidental.

Les pluies du Sahara Nord-Occidental que nous venons d'examiner, si nous tenons compte simplement de leur répartition dans l'année et de leur somme, constituent un type de précipitation assez

aberrant que l'on hésite, ainsi que nous le verrons à la fin de ce paragraphe, à rattacher au système méditerranéen, malgré certaines affinités avec celui-ci.

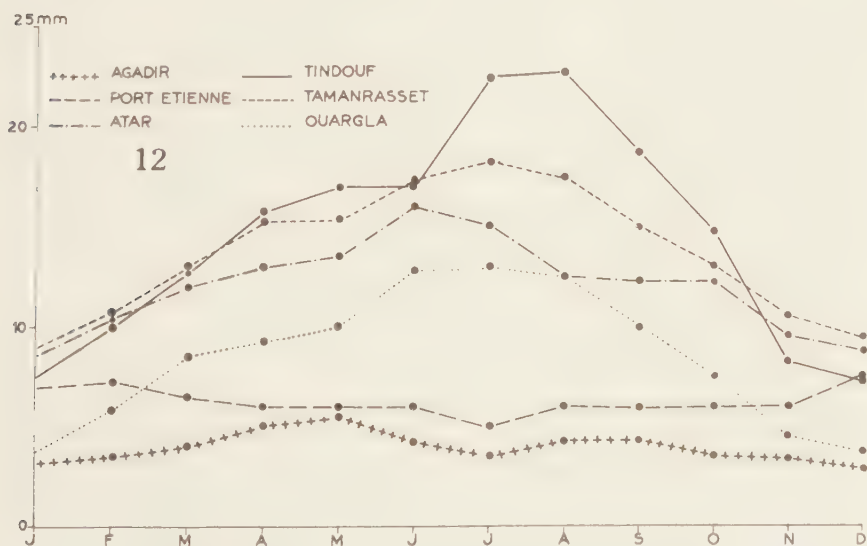
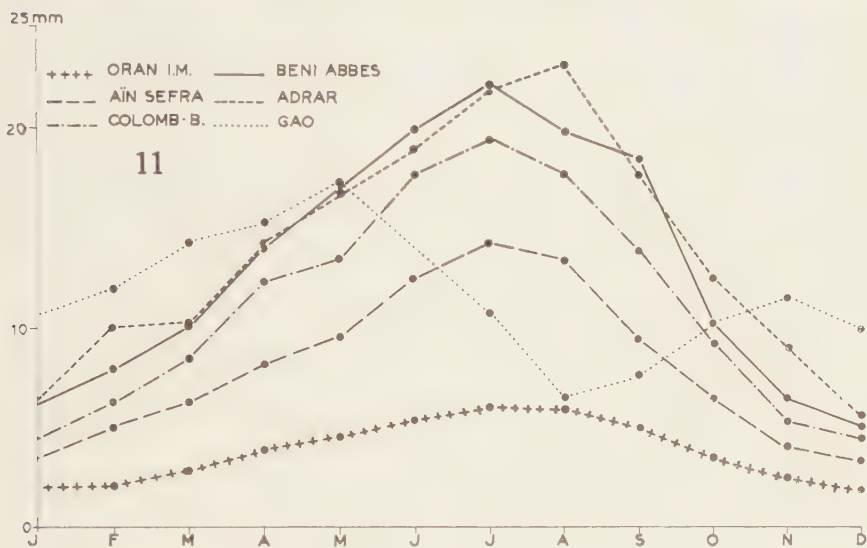


FIG. 11-12. — L'évaporation en Afrique désertique du Nord-Ouest.

11. Suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao.

12. Sur les frontières du Sahara Nord-Occidental.

2. Évaporation. — L'évaporation (Tabl. II, fig. 11-12, 13-14) annuelle moyenne atteint à Tindouf 5 299 mm. La moyenne journa-

TABLEAU II

**Evaporation en Afrique désertique du Nord-Ouest,
suivant des latitudes, longitudes et altitudes diverses ¹**

(Moyennes journalières et annuelles, en mm)

N - S W - E	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Année
Agadir* 18 m	3,2	3,6	4,1	5,1	5,5	4,6	3,6	4,2	4,2	3,7	3,6	2,9	1437
Tindouf* 600 m	7,5	10,1	12,8	15,8	16,9	16,9	22,4	22,8	18,8	14,8	8,3	7,3	5299
Bou Bernous 442 m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Port Etienne 7 m	7,0	7,2	6,5	6,0	5,8	6,1	5,0	6,0	5,7	6,1	6,0	7,6	2275
Atar 232 m ..	8,7	10,4	11,9	12,9	13,2	16,0	15,3	12,5	12,3	12,3	9,4	8,8	4373
Oran la S.2 11 m	1,9	2,2	2,7	3,8	4,6	5,4	6,1	6,0	4,9	3,5	2,4	1,8	1383
Aïn Sefra 1 072 m	3,5	4,9	6,2	8,2	9,4	12,6	14,3	13,4	9,5	6,4	4,1	3,2	2916
Col.-Béchar 769 m	4,5	6,2	8,6	12,3	13,4	17,7	19,4	17,7	14,3	9,2	5,3	4,4	4052
Béni Abbès 493 m	6,2	7,9	10,1	14,1	16,9	20,1	22,2	18,9	18,4	10,6	6,4	4,9	4809
Adrar 286 m	6,2	9,9	9,4	14,0	16,7	18,9	22,1	23,1	17,9	12,5	9,0	5,5	5033
In Salah 280 m	6,9	9,4	11,0	12,7	15,5	19,3	22,2	21,8	20,2	15,1	9,4	6,2	5171
Ouallen 346 m	7,6	9,9	11,9	13,8	16,3	21,8	21,5	20,9	18,2	13,7	10,3	6,9	5261
Kidal 481 m	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Gao 269 m ..	10,7	11,7	14,2	15,2	16,9	14,0	10,6	6,5	7,7	10,3	11,5	10,1	4233
Ouargla 135 m	3,8	5,9	8,6	9,2	10,1	12,8	13,0	12,5	10,0	7,3	4,5	3,8	3092
Tamanrasset 1 400 m	8,9	10,7	13,1	15,2	15,3	17,2	18,2	17,4	15,0	13,0	10,5	8,6	4969
Agadès 520 m	6,6	8,7	10,7	19,6	20,2	21,6	17,5	16,5	15,2	11,3	9,8	6,4	4998

1. D'après J. DUBIEF (1950) et, pour Agadir, d'après G. ROUX (1942).

2. N'ayant pu me procurer les chiffres d'Oran, INSCRIPTION MARITIME, je leur ai substitué ceux d'Oran La Sénia, localité où l'influence maritime est déjà bien atténuée.

* Les localités marquées d'un * ne sont qu'approximativement comparables aux autres, les observations ayant été effectuées dans des conditions différentes : type d'abri, d'évaporomètre, temps d'observation...

lière est maximum en août s'élevant alors à 22,8 mm et minimum en décembre avec 7,3 mm.

A Colomb-Béchar, elle est de 4 052 mm. La moyenne journalière est maximum en juillet : 19,4, et minimum en décembre : 4,4 mm.

A Béni Abbès, on note une évaporation annuelle moyenne de 4 809 mm, le maximum moyen journalier, 22,2 mm, se situant en juillet et le minimum moyen journalier, 4,9 mm, étant situé en décembre.

A Adrar, l'évaporation annuelle moyenne s'élève à 5 033 mm. Là, le maximum journalier moyen, 23,1 mm, étant situé en août, se trouve décalé d'un mois par rapport aux localités précédentes. Le minimum journalier moyen, 5,5 mm, demeurant en décembre.

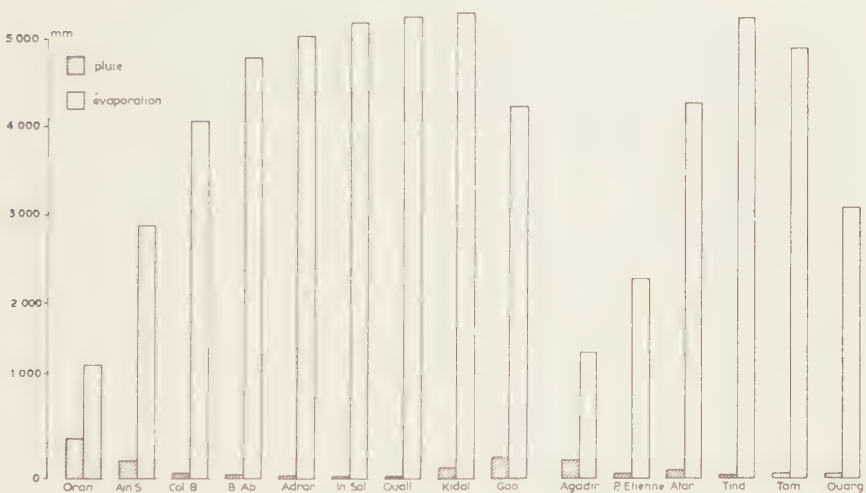


FIG. 13-14. — Pluie et évaporation en Afrique désertique du Nord-Ouest.

13. Suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao.

14. Sur les frontières du Sahara Nord-Occidental.

A Bou Bernous, cette donnée n'a pas été enregistrée; mais Ouallen, dans une région quelque peu analogue, accuse une évaporation annuelle moyenne de 5 261 mm avec un maximum journalier moyen de 21,8 mm, situé en juin, et un minimum journalier de 6,9 mm, apparaissant aussi en décembre.

A Ouargla, l'évaporation est considérablement moins intense. La moyenne annuelle n'est que de 3 092 mm; le maximum journalier moyen de 13,0 mm et le minimum de 3,8 mm, ceux-ci étant situés respectivement en juillet et décembre.

Là encore, ne serait-ce que par les valeurs considérables qu'elle atteint, l'évaporation forme au Sahara Nord-Occidental un type bien particulier. Elle s'accroît progressivement vers le Sud sans que cepen-

dant la proximité de la zone tropicale apporte de modifications bien sensibles. A Ouargla, à l'Est, une évaporation considérablement plus restreinte (dépassant à peine 3 000 mm) semble indiquer un climat

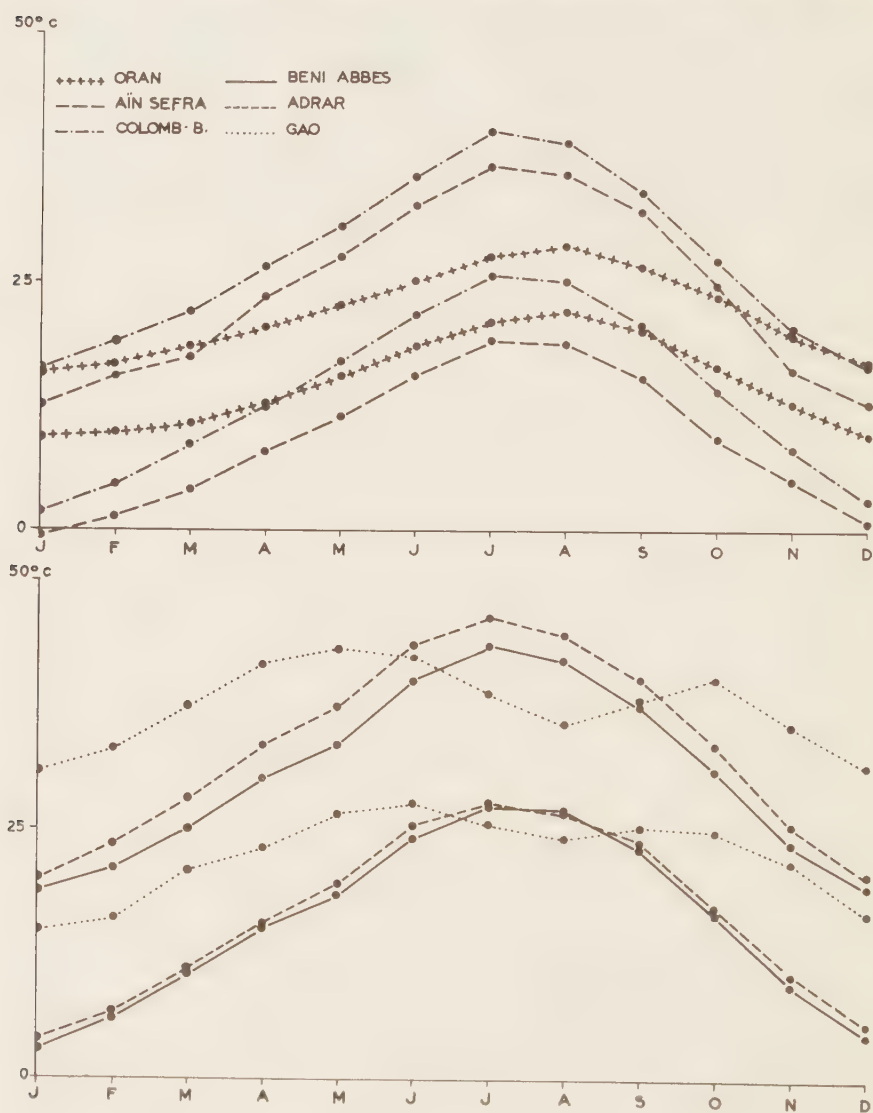


FIG. 15. — La température en Afrique désertique du Nord-Ouest, suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao.

assez différent. En zone ultra-aride, elle est toujours supérieure à 5 000 mm. Tindouf, en dehors de cette zone, a une évaporation du

même ordre, mais qui, enregistrée par une technique différente, n'est peut-être pas comparable à celles des autres localités.

3. Température de l'air. — La température de l'air (Tabl. IIIa et IIIb, fig. 15-16) accuse à Tindouf dans le mois le plus chaud, juillet, un maximum moyen de $45^{\circ},2$ C et un minimum moyen de $25^{\circ},1$ C.

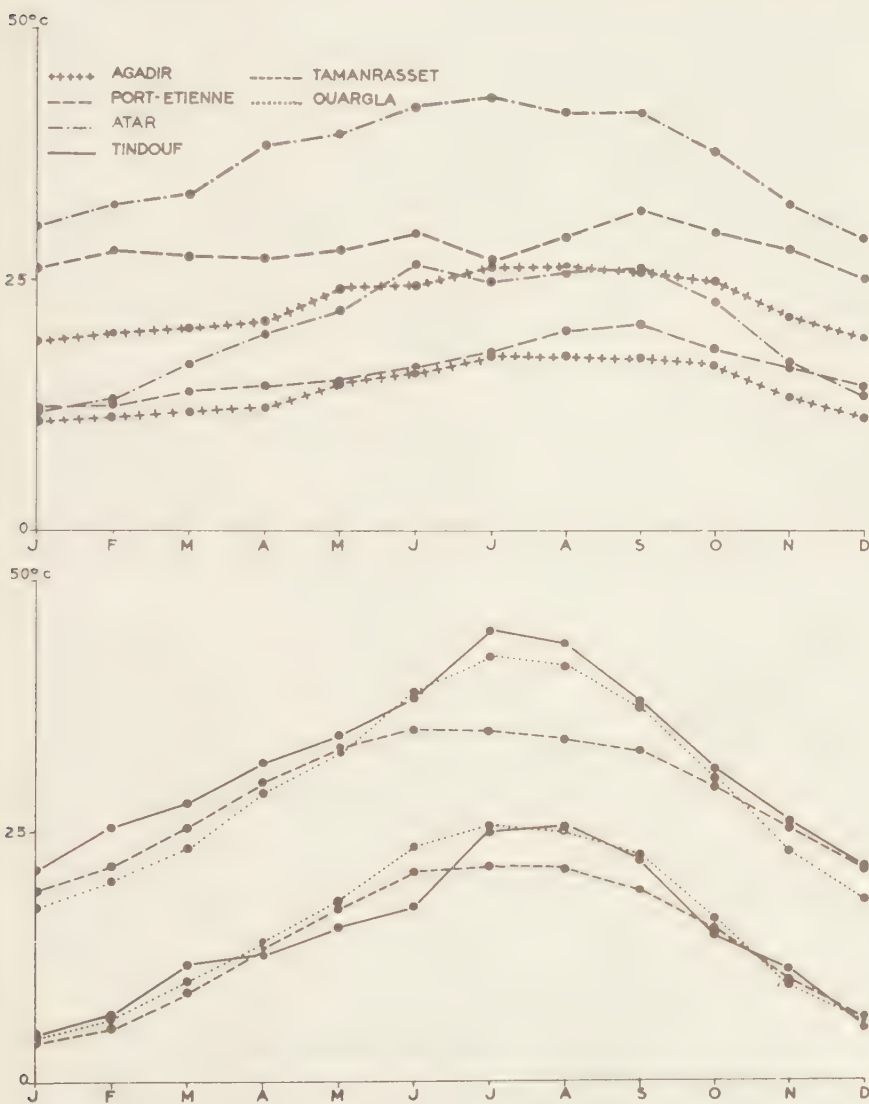


FIG. 16. — La température en Afrique désertique du Nord-Ouest, sur les frontières du Sahara Nord-Occidental.

Pour le mois le plus froid, janvier, ces valeurs sont respectivement de 21°,6 et 6°,7 C.

A Colomb-Béchar, ces maximums et minimums moyens, situés

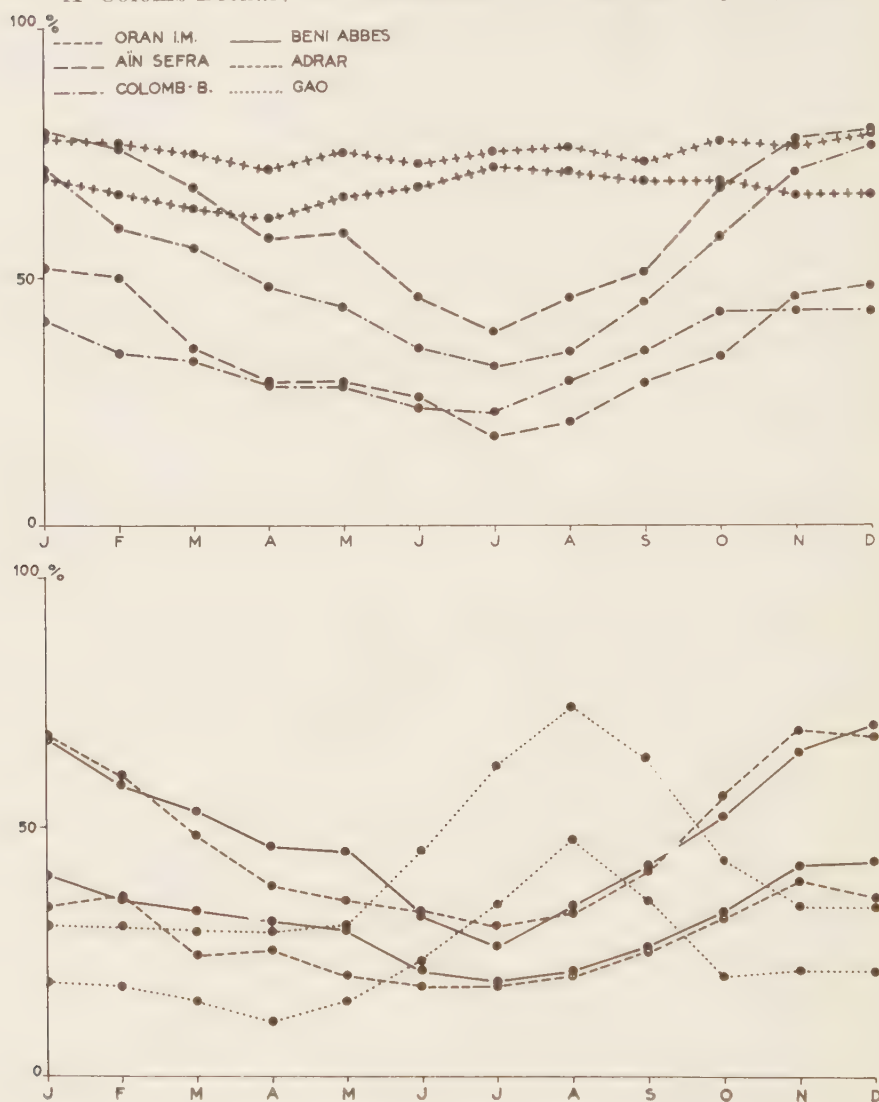


FIG. 17. — L'humidité relative en Afrique désertique du Nord-Ouest, suivant une coupe N-S. d'Oran à Gao.

également en juillet, atteignent respectivement 39°,9 et 25°,5 C et 15°,8 et 1°,8 C.

A Béni Abbès, ces valeurs accusent en juillet (max.) 43°,3 et 27°,3 C et en janvier (min.) 18°,8 et 3°,1 C.

A Adrar, s'observent des chiffres nettement plus élevés : 46°,2 et 27°,6 C (juillet) et 20°,3 et 4°,0 C (janvier).

Bou Bernous a des chiffres de cet ordre : juillet 46°,7 et 30°,3 et janvier 21°,3 et 6°,7 C.

A Ouallen, *maxima* et *minima* se situent, toujours sur les mêmes

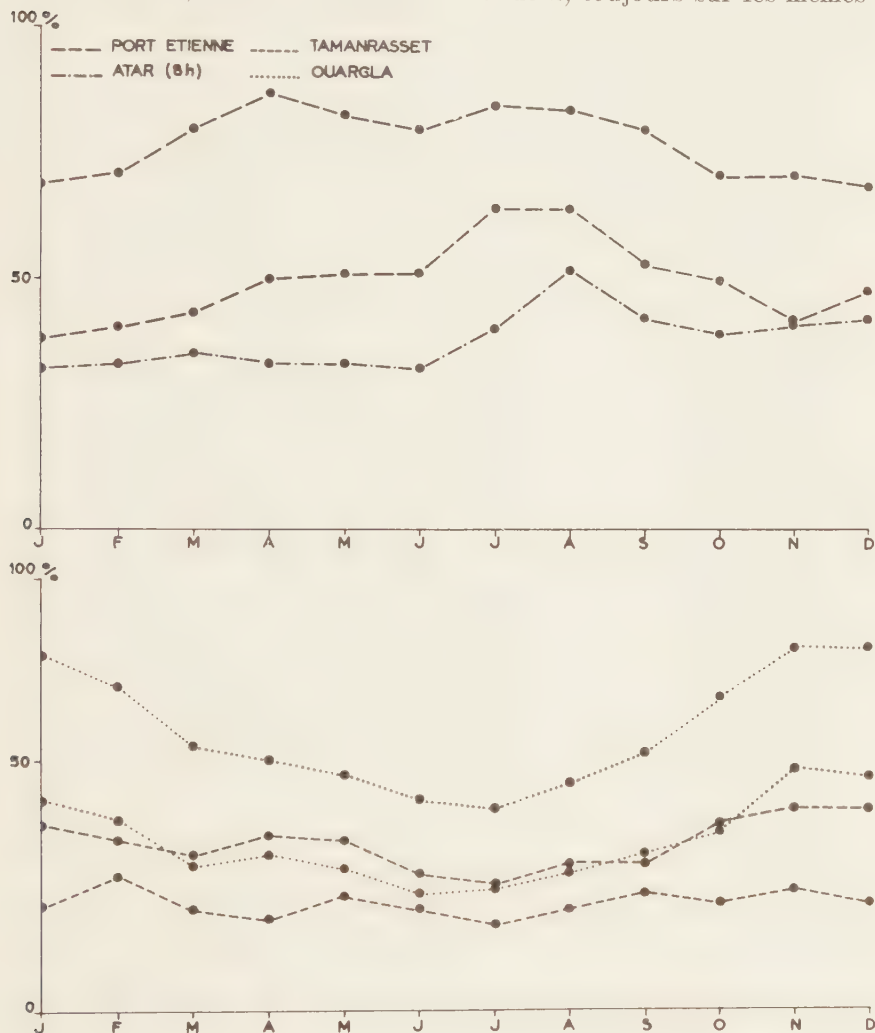


FIG. 18. — L'humidité relative en Afrique désertique du Nord-Ouest, sur les frontières du Sahara Nord-Occidental.

mois, en juillet, 45°,0 et 30°,4 C et, en janvier, 23°,6 et 9°,8 C. Les *minima* sont ici nettement moins bas.

A Ouargla, si la répartition est encore la même, les valeurs sont

TABLEAU IIIa

**Température en Afrique désertique du Nord-Ouest,
suivant des latitudes, longitudes et altitudes diverses**
(Moyennes mensuelles des *maxima* et des *minima*,
chiffres absolus en degré C)

N - S	t°	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Absolus
Oran I.M. 11 m	M= m=	15,8 9,1	16,9 9,8	18,3 10,7	20,3 12,9	22,6 15,5	25,1 18,5	27,6 21,1	28,7 22,0	26,7 20,0	23,5 16,4	19,6 12,6	16,9 9,6	VIII = 40,5 I = 1,2
Ain Sefra 1072 m	M= m=	12,4 -0,3	15,4 1,3	17,4 4,0	23,5 7,8	27,4 11,4	32,7 15,4	37,6 19,2	35,7 18,7	32,1 15,3	24,7 9,4	16,3 4,9	12,9 0,9	VIII = 42,9 XII = -10,2
Colomb-Béchar 769 m	M= m=	15,8 1,8	18,7 4,3	22,1 8,6	26,6 12,5	30,5 16,9	35,6 21,5	39,9 25,5	38,8 25,0	34,1 20,4	27,0 13,9	20,2 7,8	16,4 3,0	VII = 45,0 XII = -6,0
Beni Abbès 493 m	M= m=	18,8 3,1	21,0 6,0	25,1 10,5	30,1 14,8	33,5 18,3	39,6 24,0	43,3 27,3	42,1 26,8	37,4 23,0	30,8 16,4	23,6 9,4	19,3 4,7	VII = 47,5 I = -6,0
Adrar 286 m	M= m=	20,3 4,0	23,6 6,6	27,9 10,8	33,4 15,6	37,2 19,5	43,3 25,4	46,2 27,6	44,6 26,6	40,3 23,8	33,6 17,3	25,4 10,5	20,8 5,7	VII = 51,0 I = -3,8
In Salah 280 m	M= m=	20,6 5,9	23,7 8,1	28,4 11,9	33,2 16,5	37,2 20,6	43,2 26,5	45,1 28,4	44,0 28,0	40,6 25,0	34,2 19,0	26,6 11,6	21,5 7,4	VI = 50,2 II = -2,2
Ouallen 346 m	M= m=	23,6 9,8	26,6 11,7	31,1 15,4	35,2 19,7	38,6 23,4	43,8 28,9	45,0 30,4	43,6 30,4	40,9 27,8	35,5 21,9	28,8 14,6	24,2 10,5	— —
Kidal 481 m	M= m=	28,1 12,6	32,0 13,8	36,4 16,5	40,1 21,3	42,3 25,2	43,6 27,4	41,5 25,6	39,5 24,3	39,8 25,1	38,9 23,7	34,8 18,7	29,4 13,5	V = 49,0 I = 5,0
Gao 269 m	M= m=	30,7 14,7	32,9 16,1	37,3 20,7	41,4 23,1	43,3 26,5	42,3 27,6	38,7 25,6	35,7 24,3	38,1 25,3	40,1 24,8	35,5 21,8	31,6 16,5	V = 46,8 I = 9,0

TABLEAU IIIb
(Suite du tableau IIIa)

W - E	t°	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Absolus
Agadir 18 m	M= m=	18,9 10,7	19,6 11,3	20,2 11,8	21,1 12,2	24,2 14,7	24,5 15,9	26,5 17,4	26,6 17,4	25,9 17,2	25,2 16,6	21,5 13,5	19,6 11,6	— —
Tindouf 600 m	M= m=	21,6 5,0	25,5 6,8	28,1 11,7	32,1 12,8	34,4 15,5	38,5 17,5	45,2 25,1	43,8 25,5	38,1 22,1	31,2 14,6	26,3 11,2	21,6 5,8	? — 57,1
Bou Bernous 442 m	M= m=	21,3 6,7	24,7 9,4	29,0 13,7	34,4 18,5	38,1 22,4	44,0 28,2	46,7 30,3	44,9 29,1	40,5 25,7	33,7 18,8	25,6 12,5	21,2 8,4	— —
Port Etienne 7 m	M= m=	26,3 12,2	27,9 12,6	27,4 14,0	27,3 14,4	28,2 14,9	29,9 15,9	27,1 17,6	29,6 19,8	32,6 20,7	30,3 18,5	28,6 16,4	25,4 14,5	VI = 45,4 I = 7,0
Atar 232 m	M= m=	30,4 12,1	32,7 12,9	33,8 16,8	38,6 19,5	39,7 21,8	42,3 26,7	43,2 25,1	42,1 25,9	42,0 26,0	38,3 23,1	33,1 16,9	29,5 13,3	VIII = 48,8 XII = 4,0
Quargla 135 m	M= m=	17,4 4,4	19,9 6,5	23,6 9,6	28,8 13,7	33,0 17,9	39,3 23,4	42,6 25,6	41,4 25,1	37,2 22,2	30,3 16,2	23,1 10,1	18,3 6,0	VII = 51,0 I = 3,2
Tamarassett 1400 m	M= m=	19,3 4,0	21,6 5,4	25,7 9,0	30,2 13,3	33,2 17,3	35,2 21,0	34,9 21,4	34,2 20,9	32,9 19,1	29,6 15,0	25,3 10,3	21,3 6,1	VII = 39,0 I = -6,6
Agadès 520 m	M= m=	28,0 10,1	33,1 11,6	38,1 16,2	42,0 20,4	44,4 24,8	44,0 24,7	40,9 23,2	38,6 22,6	41,0 22,5	40,5 19,8	34,6 15,1	32,3 11,8	V = 48,5 I. XII = 5,0

par contre nettement plus basses : juillet 42°,6 et 25°,6; janvier 17°,4 et 4°,4 C.

Nous signalerons encore quelques températures absolues observées dans cette région du Sahara : Tindouf, 59°,1 C; Béni Abbès, en juillet, 47°,5 C et, en décembre, — 6°,0 C; Ouargla, en juillet, 51°,0 C¹.

TABLEAU IVa

**Humidité relative en Afrique désertique du Nord-Ouest,
suivant des latitudes, longitudes et altitudes diverses**

(7, 13, 18 h (T. U.)², moyennes mensuelles, en %)

N - S	h	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
Oran I.M. 11 m	7 13 18	78 70 76	77 67 72	75 64 69	72 62 67	75 66 71	73 68 72	75 72 74	76 71 74	73 69 73	77 69 77	76 66 73	78 66 74
Aïn Sefra 1072 m	7 13 18	79 52 56	76 50 50	68 36 39	58 29 27	59 29 29	46 26 24	39 18 19	46 21 23	51 29 28	68 34 36	77 46 54	78 48 57
Colomb-Béchar 769 m	7 13 18	71 41 41	60 35 35	56 33 29	48 29 27	44 28 26	36 24 23	32 23 20	35 29 23	45 35 30	58 43 34	71 43 47	76 43 49
Béni Abbès 493 m	7 13 18	67 40 36	58 35 28	53 33 28	46 31 25	45 29 24	32 21 18	26 19 19	34 21 19	42 26 26	52 33 38	65 42 40	70 43 41
Adrar 286 m	7 13 18	68 34 33	60 36 34	48 24 25	38 25 23	35 20 17	33 18 20	30 19 18	33 21 19	41 26 23	56 32 30	69 39 38	68 36 36
In Salah 280 m	7 13 18	63 37 39	64 34 35	51 35 31	40 27 28	37 23 24	36 25 25	29 16 18	31 19 22	38 24 23	44 28 30	61 38 38	65 38 41
Ouallen 346 m	7 13 18	33 14 11	35 15 11	24 10 7	24 11 13	16 8 7	11 7 5	15 7 7	24 15 11	23 13 11	36 19 18	44 24 24	47 30 22
Kidal 481 m	7 13 18	— — —											
Gao 269 m	8 13 18	30 19 25	30 18 26	29 15 24	29 11 21	30 15 19	45 23 24	62 34 36	74 47 51	63 35 39	43 20 28	34 21 29	34 21 31

Nous noterons aussi que vers le sud, ces températures ne semblent guère influencées par la proximité du climat tropical.

(1) Les chiffres mentionnés sont extraits des documents de la MÉTÉOROLOGIE NATIONALE. Il existe dans la littérature des valeurs considérablement plus importantes, mais les techniques de mesure n'étant pas précisées, j'ai préféré ne pas en tenir compte.

(2) A Gao, Port Etienne, Atar et Agadès l'observation du matin est effectuée à 8 h.

Nos conclusions seront pour ce facteur les mêmes que pour le précédent.

4. Humidité relative de l'air. — L'humidité relative de l'air (Tabl. IVa et IVb, fig. 17-18) est généralement minimum vers 15 h. et maximum vers 6 heures, au lever du soleil.

Les données les plus voisines de ces deux points sur 24 heures sont celles de 13 h 00 et de 07 h 00. Ce sont donc les moyennes de ces observations qui ont été retenues dans nos tableaux.

L'analyse de ce facteur station par station ne permet guère de remarques. Tout au plus peut-on noter qu'à 07 h 00, dans cette région,

TABLEAU IVb
(Suite du tableau IVa)

N - S	h	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O	N.	D.
Agadir 18 m	7	—											
	13	—											
	18	—											
Tindouf 600 m	7	—											
	13	—											
	18	—											
Bou Bernous 442 m	7	—											
	13	—											
	18	—											
Port Etienne 7 m	8	69	71	80	87	83	80	85	84	80	71	71	69
	13	38	40	43	50	51	51	64	64	53	50	42	48
	18	56	56	62	72	68	68	74	72	67	67	66	59
Atar 232 m ..	8	32	33	35	33	33	32	40	52	42	39	41	42
	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18	15	12	16	15	22	21	20	28	23	23	24	23
Ouargla 135 m	7	71	65	53	50	47	42	40	45	51	62	72	72
	13	42	38	29	31	28	23	24	27	31	35	48	46
	18	54	45	31	31	30	25	25	31	31	37	54	55
Tamanrasset 1400 m	7	37	34	31	35	34	27	25	29	29	37	40	40
	13	21	27	20	18	23	20	17	20	23	21	24	21
	18	24	17	24	21	20	22	19	22	24	24	31	29
Agadès 520 m	8	29	28	23	21	23	30	45	57	41	29	30	31
	13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18	28	26	25	22	24	28	37	48	38	35	34	26

L'humidité relative moyenne est comprise dans le mois le moins humide (juin-juillet) entre 11 et 32 % et, dans le mois le plus humide (novembre-décembre), entre 47 et 76 %. A 13 h 00, celle-ci est comprise, en ces deux saisons, respectivement, entre 7 et 23 et 30 et 43 %.

Notons encore que la situation des stations météorologiques à proximité de palmeraies rend parfois discutables les chiffres expri-

TABLEAU V

**Nébulosité en Afrique désertique du Nord-Ouest,
suivant des latitudes, longitudes et altitudes diverses**

(Moyennes annuelles des observations de 7, 13, 18 h (T. U).,
ou de ces trois observations, en 1/10)

N-S W-E	7 h	13 h	18 h	Moyennes ¹
Agadir 18 m	—	—	—	2
Tindouf 600 m	1,8	1,8	2,1	—
Bou Bernous 443 m	1,0	1,0	1,2	—
Port Etienne 7 m	3,4	2,4	2,6	—
Atar 232 m	2,7	—	3,3	—
**				
Oran I. M. 11 m	—	—	—	3
Aïn Sefra 1 072 m	—	—	—	2
Colomb-Béchar 769 m	2,6	2,7	3,2	—
Béni Abbès 493 m	2,0	2,0	2,4	—
Adrar 286 m	1,2	1,3	1,7	—
In Salah 280 m	1,7	2,0	1,8	—
Ouallen 346 m	1,8	1,6	2,0	—
Kidal 481 m	1,4	—	1,8	—
Gao 269 m	4,1	4,2	4,5	—
**				
Ouargla 135 m	2,0	1,9	1,9	—
Tamanrasset 1 400 m	2,0	2,8	3,3	—
Agadès 520 m	2,9	—	3,1	—

mant la valeur de ce facteur. Il ne semble pas qu'une humidité relative aussi élevée puisse être réellement notée dans certaines stations, à Adrar en particulier.

Là également, simplement réduite vers le sud, l'humidité relative ne subit pas au contact du climat tropical de profondes modifications.

Joint encore à cette étude, un aperçu de la nébulosité (Tabl. V) nous montre que celle-ci est faible et ne varie guère pour l'ensemble du territoire.

Ainsi examiné, le climat du Sahara Nord-Occidental paraît appartenir à un type bien particulier que l'on serait néanmoins tenté de rattacher sur le plan écologique, avec L. EMBERGER (1939, 1954, 1955a), et aussi H. SAINT-GIRONS (1952), au climat méditerranéen lequel est caractérisé, selon le premier auteur, essentiellement par une « pluviosité concentrée sur la partie froide de l'année ». Or, en fait, on ne peut affirmer que dans la plupart des localités mentionnées (sauf peut-être à Colomb-Béchar) les pluies aient une telle répartition et que si le minimum se situe en juillet-août, le maximum n'apparaît jamais en décembre-janvier-février, mois qui forment la saison froide. De plus, si sur la lisière nord de notre région les précipitations paraissent suffisantes pour qu'un rythme déterminé puisse être perçu, au Sud, progressivement réduites, des quantités aussi minimes que celles qui s'observent à Adrar, par exemple, ne peuvent avoir un rôle notable dans le maintien de la vie qu'en fonction de systèmes collecteurs capables d'en assurer l'accumulation dans le sol, ainsi que nous le montrerons au cours de ces pages. Dans ce cas, *la répartition annuelle des pluies n'intervient plus*.

Il semble donc que nous soyons en présence d'un climat bien particulier, aride par définition, et ne pouvant répondre à un type autre que le *type saharien*.

Sur le plan écologique, ce type saharien peut, selon nous, être caractérisé par :

1° Des pluies à rythme saisonnier peu marqué (L. EMBERGER, 1939 et *loc. cit.*) inférieures en moyenne annuelle à 60 mm et s'annulant parfois pendant des périodes égales ou supérieures à une année, ne dépassant pas alors 5 mm en une seule chute.

2° Une évaporation moyenne annuelle comprise entre 4 000 et 5 000 mm.

3° Des températures ne descendant guère dans l'année au dessous de 0° C, mais pouvant atteindre un maximum voisin de 50° C.

Progressivement dégradé vers les régions centrales, ce climat aboutit alors à une forme extrême, *ultra-aride*, où les précipitations

sont toujours, en moyennes annuelles inférieures à 20 mm et l'évaporation supérieure, à 5 000 mm.

Toujours sur le plan écologique, nous pouvons voir d'après les données mentionnées dans nos tableaux et graphiques à titre de frontières ou de points de comparaison, que le climat du Sahara Nord-Occidental est assez bien individualisé étant bordé par des régions à climat *légèrement* ou *très* différent.

Les frontières climatiques qui peuvent être entrevues sont :

Au Nord, le *climat méditerranéen semi-aride* des ultimes tombées de l'Anti-Atlas et de l'Atlas Saharien, climat d'altitude.

Au Sud, le *climat tropical semi-aride* des régions soudaniennes suivant la ligne moyenne de la mousson, approximativement sur le 18^e parallèle.

A l'Ouest, au climat *atlantique aride*, ou *sub-aride* (au Nord-Ouest) de la Seguiet et du Rio de Oro, de Mauritanie, que caractérisent essentiellement des précipitations non mesurables au pluviomètre (mais au rôle écologique important), une faible évaporation et des températures sans grands écarts saisonniers. Cette frontière peut être établie sur une ligne parallèle au rivage, située en moyenne de 100 à 150 km environ de celui-ci 1.

A l'Est, ces frontières sont moins sensibles. D'abord limité au *climat saharien d'altitude* du Hoggar, il se poursuit ensuite en bande étroite au nord de ce massif vers la partie méridionale du Grand Erg Oriental. Plus au nord, il y a probablement aussi continuité par dessus le Plateau du Tadémaït, continuité de nouveau interrompue dans le secteur d'Ouargla, où un climat considérablement moins aride apparaît (évaporation moyenne annuelle : 3 092 mm).

Malgré ce prolongement climatique vers l'Est, une coupure bien nette existe dans la faune entomologique de ces régions. Mais il est difficile de dire si cette interruption a pour origine un « pont climatique » tel celui que J. DUBIEF (1953) admet par-dessus cette ligne nord-sud de reliefs et dont nous reparlerons plus bas, ou bien la configuration des terres à une époque géologique donnée, ainsi que nous le verrons à la fin de ce travail.

Dans l'Afrique désertique du Nord-Ouest, plusieurs types climatiques bien tranchés s'affrontent donc : un climat méditerranéen au Nord, un climat tropical au Sud, un climat atlantique à l'Ouest, encadrant ainsi le climat saharien des régions centrales.

Ces vues se confirment d'ailleurs sur le plan purement météorologique si nous examinons les causes qui sont à l'origine des dits climats.

En effet, nous référant à J. DUBIEF et P. QUENEY (1935) et J. DUBIEF (1953) nous voyons que :

Dans le Nord du Sahara, les *dépressions du front polaire* ne dépassent guère vers le Sud une ligne allant de Villa Cisneros au Djebel Bani, puis se dirigeant vers le milieu du Grand Erg Occi-

(1) Suivant plusieurs auteurs, L. BERLAND (1949) et A. BALACHOWSKY *in*, notamment.

dental et se poursuivant à l'Est vers le Nord de l'Égypte. Ces dépressions, bien que par exception quelques pluies d'hiver puissent en résulter, ne joueraient qu'un rôle extrêmement minime dans les précipitations du Nord-Ouest du désert.

Dans le Sud, la *mousson soudanaise* a pour limite septentrionale normale une ligne partant du Cap Mirik en Mauritanie, passant par Atar, puis s'incurvant vers le Sud pour atteindre le Nord de l'Adrar des Ifoghas, puis le Sud du Hoggar, le Nord de l'Air, Bilma, le Sud du Tibesti, le Nord de l'Ennedi et se poursuivre vers l'Est à cette latitude. Sa limite septentrionale *extrême* court parallèlement au Nord à quelques degrés de ce tracé, chevauchant cependant de l'Océan au Zemmour la zone-limite méridionale des dépressions du front polaire. Les pluies de mousson, des pluies d'été, n'atteignent donc que par exception la partie centrale du Sahara.

Enfin, régnant sur l'ensemble du désert, des *dépressions soudano-sahariennes* et *sahariennes*, associées à de puissantes invasions d'air humide issues des régions bordières, sont à l'origine d'une partie des pluies d'hiver et de la majeure partie des pluies de printemps et d'automne, c'est-à-dire de la *presque totalité* des précipitations.

En été, des orages originaires du Grand-Atlas et de l'Atlas Sahariens interviennent encore, comme à Tindouf, dans la pluviométrie du Nord-Ouest du Sahara.

Ce sont donc ces dépressions qui sont essentiellement déterminantes dans le régime pluviométrique et elles auraient eu de surcroît, selon J. DUBIEF (1953), une part importante dans les périodes humides du passé.

La carte pluviométrique jointe à l'important travail de DUBIEF nous montre encore que la continuité du désert d'Ouest en Est est interrompue par trois « ponts climatiques » orientés approximativement Nord-Sud : 1) Sénégal-Maroc (le plus important), 2) Soudan-Algérie, 3) Érythrée-Sinaï (ces deux derniers assez discontinus), faisant communiquer par des zones de précipitations plus élevées les régions tropicales et les régions méditerranéennes.

Il est vraisemblable que ces ponts, plus accentués à certaines époques, ont permis sur le plan biogéographique des *passages* d'un domaine à un autre et des *extensions* vers le centre du Sahara.

Il devient donc possible maintenant d'envisager pour les régions que nous étudions sinon des limites climatiques formelles, du moins un certain nombre de points qui sont climatiquement comparables.

Pour mettre ces faits en évidence, j'ai utilisé (fig. 19) la figuration climatique proposée par GRIFFITH-TAYLOR (1916), substituant cependant à la température moyenne, habituellement portée en ordonnée, l'évaporation moyenne journalière, la pluie étant maintenue en abscisse.

Si nous prenons pour base Béni Abbès, nous voyons qu'à la périphérie peuvent lui être rattachés Tindouf, malgré son régime estival particulier, puis Colomb-Béchar, Adrar, et, dans une certaine mesure, Ouallen et In Salah, bien que là une légère influence tropi-

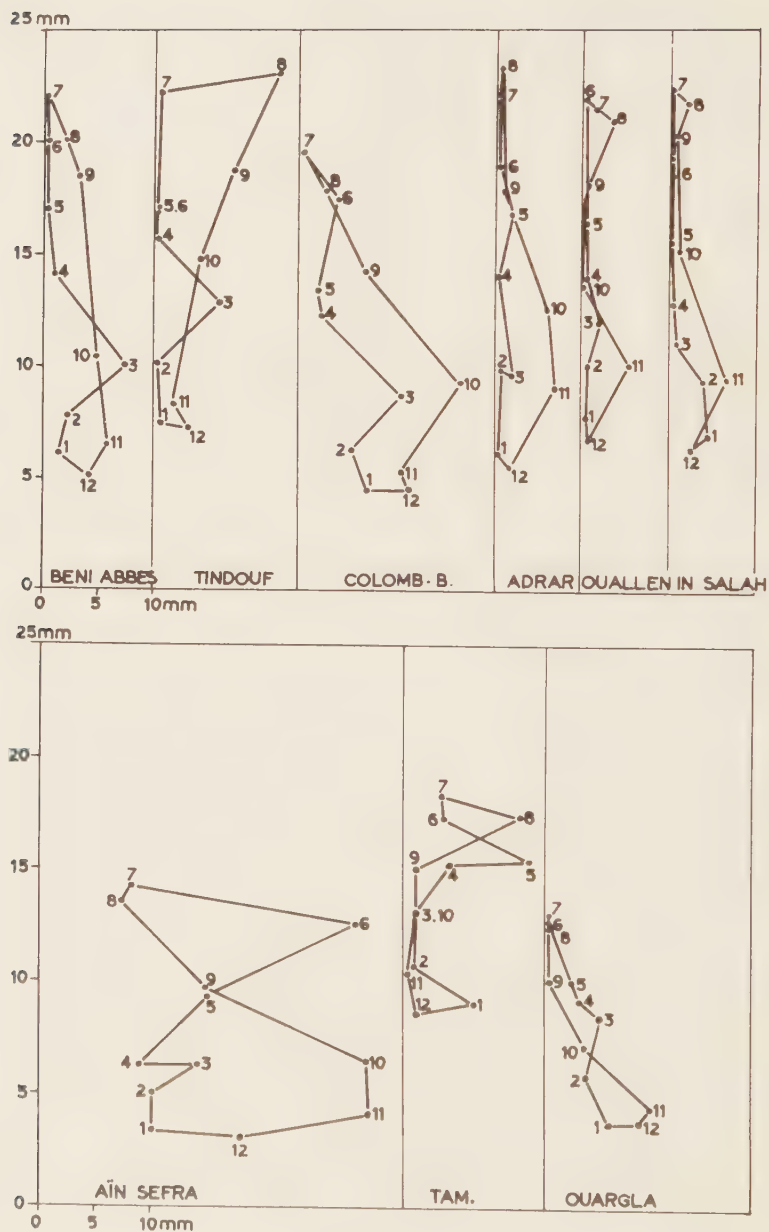


FIG. 19. — Figuration climatique de GRIFFITH-TAYLOR pour les principales stations du Sahara Nord-Occidental et, aux fins de comparaison, pour quelques stations des régions voisines. En ordonnée : évaporation moyenne journalière; en abscisse : pluie moyenne mensuelle.

cale soit déjà décelable. Aïn Sefra, Tamanrasset et Ouargla, au-delà, apparaissent comme très différents.

2. LES VARIATIONS DU CLIMAT

(Béni Abbès. Période 1941-1950)

La moyenne « officielle » des pluies est à Béni Abbès de 31,9 mm. Il suffit de se reporter au tableau VI et aux figures 20-21 pour constater ce que ce chiffre a d'empirique sur le plan écologique.

1. **Pluie.** — L'étude de la répartition des pluies sur dix ans (Tabl. VI, fig. 20-21) nous montre trois périodes bien distinctes :

a) De 1941 à 1943, une période assez humide avec un maximum de 58,5 mm en 1943.

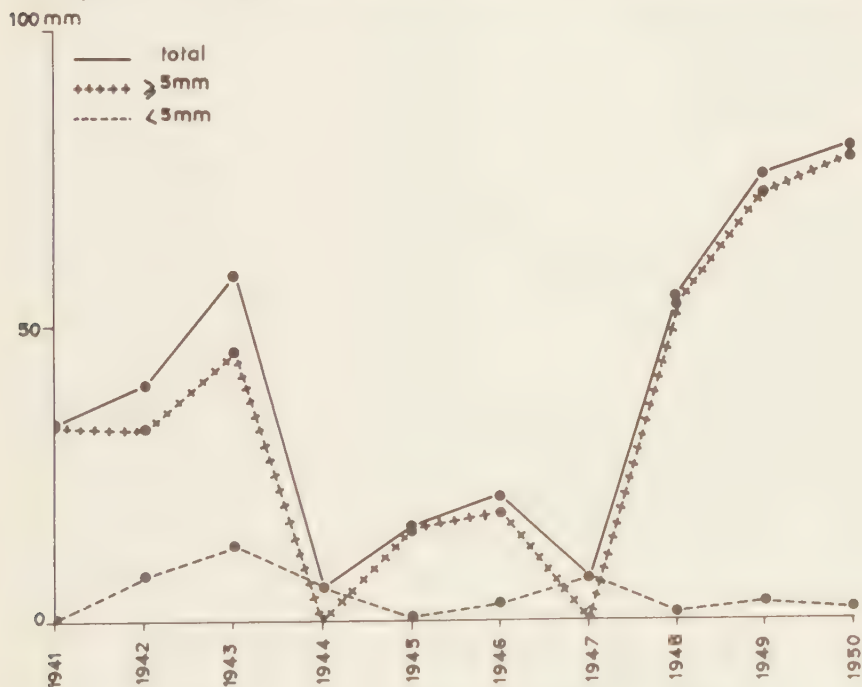


FIG. 20. — La pluie à Béni Abbès de 1941 à 1950
(< 5 mm, ≥ 5 mm, total).

b) De 1944 à 1947, une période sèche avec un seul maximum notable en 1946, atteignant 20,9 mm (une seule pluie importante pendant cette période : 18 mm en janvier 1946). Les pluies de 1944 avec 5,8 mm et de 1947 avec 7,0 mm peuvent être considérées comme nulles dans leur rôle écologique puisqu'elles résultent de précipitations inférieures à 5 mm (point généralement admis par botanistes et zoolo-

TABLEAU VI

Pluie à Béni Abbès de 1941 à 1950 ¹
(Répartition, en mm)

1941- 1950	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Tot. $\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$	Tot.
1941	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$			19,7	0,5		13,3							0,5 33,0	33,5
1942	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$						0,6		0,5	2,4	4,0	25,5	7,0	7,5 32,5	40,0
1943	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$		0,8	2,6			1,4		0,6	5,5	1,7			12,6 45,9	58,5
1944	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$				1,6					0,5		3,7		5,8	5,8
1945	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$					15,0	0,8							0,8 15,0	15,8
1946	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$	18,0								2,9				2,9 18,0	20,9
1947	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$	0,8	0,1		0,1		1,5	0,2		2,1		2,2		7,0	7,0
1948	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$	0,2	0,4				0,1 7,1			0,4				1,1 53,4	54,5
1949	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$		1,4		0,6 20,3	0,6 30,4							0,3 21,9	2,9 72,6	75,5
1950	$\begin{smallmatrix} < 5 \\ \geq 5 \end{smallmatrix}$	0,3			0,8	56,2			0,3	0,2				1,6 78,5	80,1
TOTAUX ..		19,3	2,6	48,1	88,8	71,8	24,8	0,2	1,4	14,0	53,1	31,4	36,0		

Moyenne pour ces 10 années = 39,1.

Moyenne pour les seules pluies $\geq 5 = 34,3$.

1. Etabli d'après les documents de la MÉTÉOROLOGIE NATIONALE et le *Bull. Mens. Inst. Phys. Gl. Alg.*

Dans ce tableau, lorsque des pluies < 5 mm se suivent ou sont précédées à faible intervalle de précipitations ≥ 5 mm, l'ensemble est alors totalisé et porté dans la colonne ≥ 5 mm.

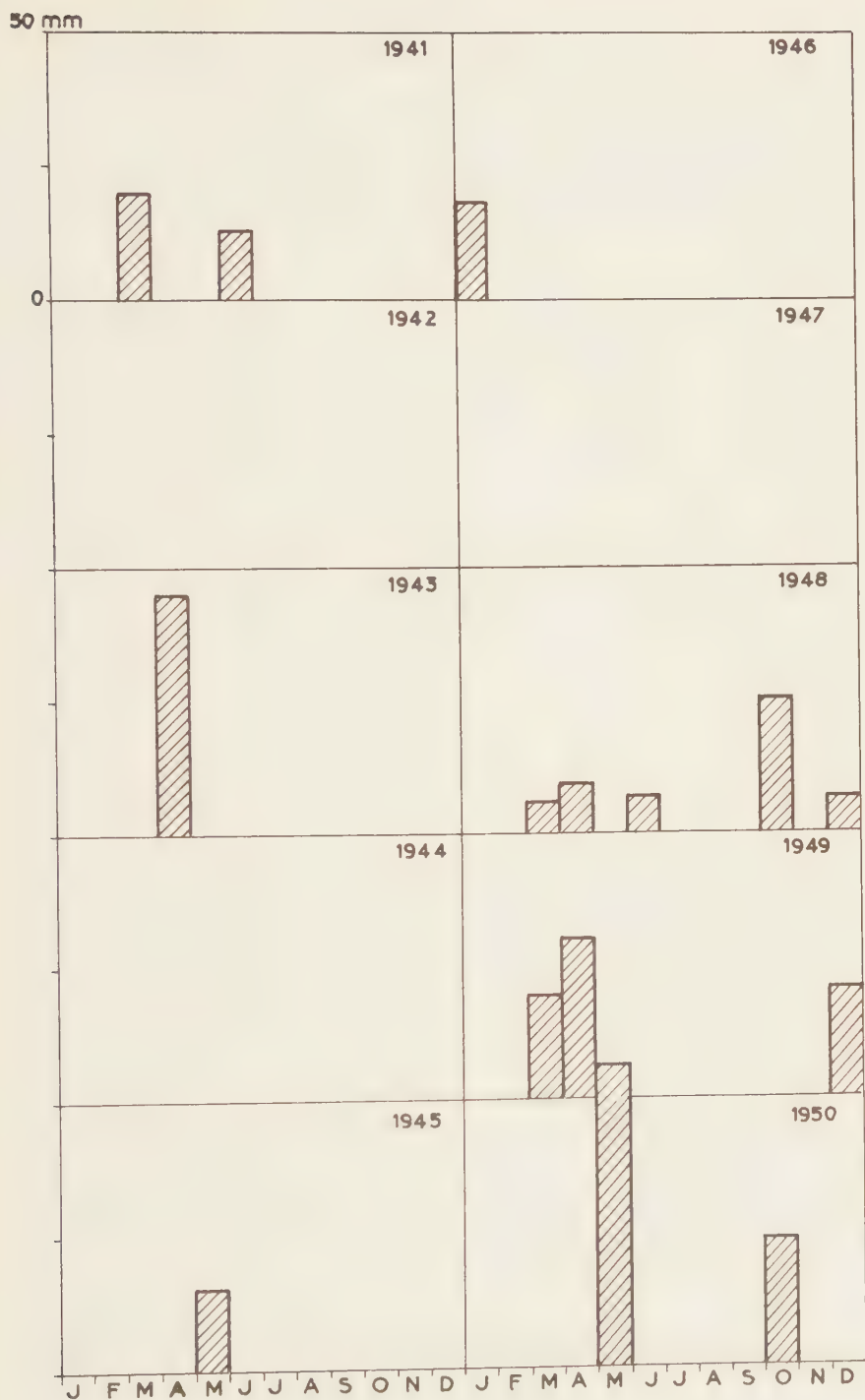


FIG. 21. — Répartition des pluies ≥ 5 mm à Béni Abbès de 1941 à 1950.

gistes et que confirment mes observations, surtout en ce qui concerne leur pouvoir de pénétration dans le sable).

c) De 1948 à 1950, une période humide importante, qui se poursuit d'ailleurs les années suivantes. Cette pluviométrie devient à partir de 1951 assez surprenante et il est utile de la rapporter par le détail :

Mois	1951 <i>mm</i>	1952 <i>mm</i>	1953 <i>mm</i>	1954 <i>mm</i>
Janvier	11,0	0,0	6,0	3,2
Février	15,5	0,0	0,0	0,1
Mars	0,0	0,0	11,1	0,0
Avril	0,0	61,6	0,0	6,8
Mai	0,0	0,0	3,7	0,0
Juin	0,0	0,0	0,0	0,6
Juillet	0,0	0,2	2,5	0,0
Août	0,0	0,8	0,0	0,0
Septembre	2,5	3,8	16,1	0,0
Octobre	2,4	0,6	25,4	0,0
Novembre	16,7	0,2	5,8	11,8
Décembre	10,3	0,0	11,4	7,5
TOTAUX	58,4	67,2	82,0	30,0

Dans les régions arides, le fait de séparer les pluies < 5 mm des pluies ≥ 5 mm revêt une grande importance. C'est ainsi que, de cette façon, à Béni Abbès, la pluie (fig. 20-21) tombée pendant les années 1942 et 1943 se trouve réduite d'un tiers. En période sèche, au cours des années 1942, 1944 et 1947, les pluies s'annulent totalement. En période humide, de 1948 à 1950, la réduction aux seules pluies ≥ 5 mm ne montre dans la pluviométrie qu'un changement guère appréciable; il est bien évident qu'ici, seules des pluies supérieures à 5 mm peuvent aboutir à un total aussi élevé.

Soulignons encore que, pour cette période de dix années, s'observent deux pluies dites « torrentielles » (pluies ≥ 30 mm) : en avril 1943 (45,9) et en mai 1950 (56,2). Nous fûmes surpris par cette dernière dans les Djebels d'Ougarta à 80 km au S-W de Béni Abbès. Ce fut une forte pluie persistante, par ciel densément couvert, qui débuta le soir à 17 h et ne cessa qu'au matin 5 h.

Enfin, en comparant sur une période assez longue (1934-1947) la pluviométrie de deux localités distantes d'environ 130 km et situées approximativement à la même latitude : Béni Abbès et Tabelbala (Tabl. VII, fig. 22), si l'on note une légère similitude pour certaines années, d'assez grands écarts s'observent pour d'autres.

TABLEAU VII

Pluie à Béni Abbès et à Tabelbala de 1934 à 1947

(localités distantes d'environ 130 km)

(Années, en mm)

ANNÉES	<i>Béni Abbès</i>	<i>Tabelbala</i>
1934	33,9	35,0
1935	17,2	20,0
1936	42,9	0,0
1937	27,2	12,0
1938	52,8	12,0
1939	29,5	8,5
1940	5,3	22,7
1941	33,5	19,0
1942	40,0	30,0
1943	58,5	40,0
1944	5,8	27,0
1945	15,8	13,3
1946	20,9	20,0
1947	7,0	0,0
<i>Moyennes.</i>	27,8	18,5

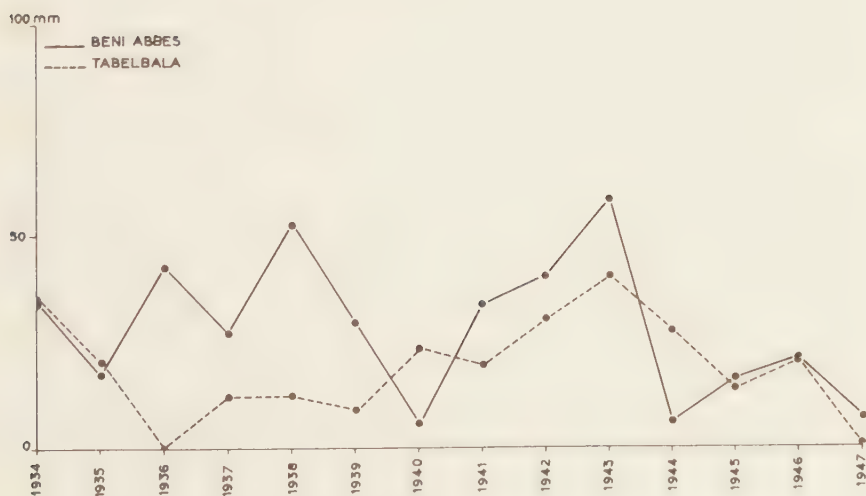


FIG. 22. — Pluie à Béni Abbès et à Tabelbala de 1934 à 1947.

2. **Évaporation.**— L'évaporation n'a pu être examinée par le détail, faute de données suffisantes, que de 1947 à 1950 (Tabl. VIII) et encore, les renseignements que nous rapportons là sont assez incomplets.

Néanmoins, nous pouvons voir que les écarts qui s'observent d'une année à l'autre sont parfois de grande ampleur.

Sur le graphique (fig. 23), concernant l'année 1949 où les observations sont presque complètes, nous remarquons que la différence d'évaporation entre le jour et la nuit est importante. La nuit, en saison froide, l'évaporation est réduite de moitié et, en saison chaude (juillet), d'un peu plus du tiers.

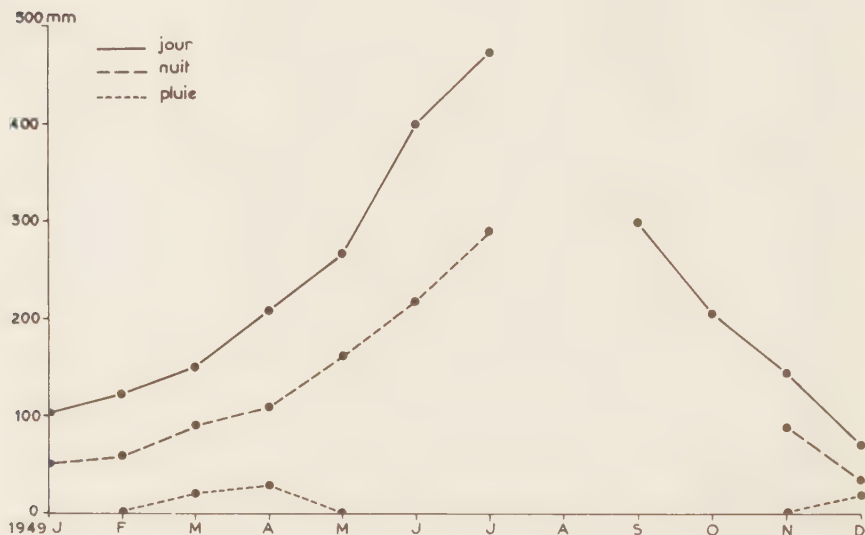


FIG. 23. — L'évaporation à Béni Abbès en 1949.

3. **Température.** — L'examen des extrêmes montre pour cette période (Tabl. IX) des écarts de l'ordre de 1 à 7° C, quel que soit le mois, tant dans les *maxima* que dans les *minima*.

Ces écarts se retrouvent dans les moyennes (Tabl. X) où, cependant, ils sont bien moins marqués.

D'une façon générale, ces variations de température sont de peu d'ampleur pour une période donnée.

4. **Humidité relative.** — L'humidité relative accuse au cours de cette période (Tabl. XI) des écarts qui peuvent atteindre 30 % pour les *maxima* et seulement 5 % pour les *minima*.

Notons encore avant de clore ce paragraphe, que la *nébulosité*

TABLEAU VIII

Evaporation à Béni Abbès de 1947 à 1950¹

(Totaux mensuels de 6 à 18 h et de 18 à 6 h, en mm, évaporomètre PICHE)

1947- 1950	Jour Nuit	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
1947	J	122	178	245	266	337	—	—	—	—	267	146	99
	N	70	100	187	190	230	—	—	—	—	163	89	60
1948	J	115	152	192	270	—	427	—	—	350	149	111	104
	N	67	82	121	164	—	267	—	—	246	96	60	48
1949	J	102	123	150	208	268	399	470	—	297	205	144	71
	N	50	61	90	110	161	217	290	—	176	—	88	36
1950	J	100	119	205	239	252	—	—	250	228	128	112	106
	N	50	68	120	154	160	—	—	230	189	81	85	72

TABLEAU IX

Températures extrêmes à Béni Abbès de 1941 à 1950

(Maxima et minima, en degrés C)

1941- 1950	M m	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
1941	M	26,8	31,4	30,8	34,2	40,0	42,2	—	—	—	—	—	—
	m	—1,4	—0,2	7,4	9,0	11,0	15,8	—	—	—	—	—	—
1942	M	—	—	—	—	41,0	43,6	44,0	43,4	39,8	37,5	32,8	25,3
	m	—	—	—	—	16,6	19,5	22,0	21,0	17,0	11,5	7,9	2,0
1943	M	25,4	22,4	30,2	33,4	36,8	40,4	44,7	43,9	41,0	36,9	31,0	23,3
	m	1,4	1,8	7,5	10,0	14,7	19,8	24,6	21,4	15,8	11,8	0,2	0,0
1944	M	20,6	28,2	31,6	35,2	41,4	45,0	45,3	44,9	40,3	36,2	27,0	22,8
	m	—3,6	—0,4	3,2	9,8	12,6	18,4	23,8	20,6	17,8	6,9	5,0	—1,4
1945	M	21,8	24,6	30,0	36,8	34,4	43,2	44,8	—	—	—	—	—
	m	—5,2	—0,6	3,0	11,8	12,6	18,2	23,0	—	—	—	—	—
1946	M	—	—	—	—	37,6	44,6	45,1	—	42,8	36,0	30,0	25,0
	m	—	—	—	—	12,9	20,0	21,7	—	18,6	10,6	0,3	—2,0
1947	M	22,5	28,4	34,4	33,9	39,2	43,8	46,8	—	42,0	39,3	31,6	25,3
	m	—0,7	—0,1	8,9	8,0	10,9	20,0	25,6	—	—	11,8	8,6	—2,3
1948	M	27,0	28,0	28,4	32,6	—	42,8	44,4	—	41,4	34,0	28,1	21,0
	m	—1,5	0,7	2,4	10,9	—	22,6	—	—	20,0	10,2	2,9	0,5
1949	M	20,5	21,4	28,7	32,3	41,2	44,0	—	—	40,3	38,4	29,8	24,6
	m	1,4	0,4	2,7	11,0	10,2	20,0	—	—	15,5	10,1	4,4	1,7
1950	M	20,0	25,1	30,3	35,0	40,4	—	—	42,0	41,2	33,7	30,4	24,2
	m	0,1	0,6	3,0	8,4	12,7	—	—	20,0	21,0	9,8	5,2	1,2

Maximum absolu pour la période 1941-1950 = 46,8.

Minimum absolu pour la période 1941-1950 = —5,2.

1. Ces chiffres ne sont parfois qu'approximatifs.

est pratiquement nulle au cours de l'année. La *durée d'insolation* et la *luminosité* ne varient donc que fort peu. Quant à l'intensité et à la nature du *rayonnement au sol*, nos connaissances dans ce domaine en tant que données écologiques sont des plus restreintes et il ne semble pas que l'on puisse les utiliser encore. La transformation dans l'air et au sol de ces radiations en *énergie thermique* nous intéresse davantage. C'est donc l'étude de la température qui doit retenir toute notre attention.

TABLEAU X

Températures moyennes à Béni Abbès de 1941 à 1950

(Maxima et minima, en degrés C)

1941-1950	M m	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
1941	M m	19,5 4,8	23,8 8,0	24,2 11,3	28,9 15,7	33,2 19,1	37,4 24,1	— —	— —	— —	— —	— —	— —
1942	M m	— —	— —	— —	— —	34,7 20,3	38,5 23,5	41,3 25,7	41,4 26,3	35,8 22,8	29,4 16,6	22,2 12,9	18,2 8,1
1943	M m	19,3 4,8	18,2 5,2	23,1 10,9	27,6 15,2	31,4 8,6	37,8 24,0	43,1 27,9	40,9 26,4	31,6 22,4	31,0 17,0	20,7 7,4	18,4 5,2
1944	M m	16,1 0,3	20,5 5,5	23,7 9,5	29,1 15,7	38,8 21,3	37,1 22,6	43,2 26,6	41,8 26,2	36,6 23,5	31,3 16,9	21,7 11,3	16,9 3,8
1945	M m	16,4 1,5	19,5 4,0	24,0 8,6	37,7 17,5	32,9 18,9	38,3 24,2	41,9 26,9	— —	— —	— —	— —	— —
1946	M m	— —	— —	— —	— —	32,8 16,9	39,3 24,6	40,7 26,2	— —	36,4 23,1	31,3 16,6	23,5 10,2	18,5 3,4
1947	M m	19,2 3,1	23,0 7,6	29,3 13,0	28,1 13,5	32,4 17,6	40,3 24,4	— —	— —	— —	32,7 17,3	25,9 10,5	18,7 3,0
1948	M m	19,9 3,6	22,4 5,7	22,5 8,9	27,7 14,5	— —	39,5 26,1	— —	— —	37,4 23,1	27,8 16,1	22,0 7,7	17,0 4,3
1949	M m	16,4 3,9	17,4 3,1	22,2 9,0	26,5 14,4	35,7 17,5	39,9 23,6	42,0 27,6	— —	37,7 21,4	30,9 14,7	24,8 9,6	19,0 8,5
1950	M m	17,6 3,6	20,7 4,6	24,4 9,3	28,2 13,8	32,2 17,8	— —	— —	38,9 24,6	36,5 22,4	26,9 14,9	24,5 8,8	20,2 3,5

L'examen du *vent au sol* ne nous apporte également que bien peu de renseignements écologiques. Fréquents au printemps et alors particulièrement violents, les vents ne semblent pas influencer de façon très évidente le comportement de la faune du désert. Les formes nocturnes ne sont contact que très exceptionnellement avec celui-ci, puisqu'il cesse généralement le soir. L'activité des formes diurnes, par contre, est immédiatement interrompue dès que le vent atteint une certaine force.

Des écarts notables s'observent donc d'une année sur l'autre dans la plupart des facteurs, en particulier dans ceux qui sont liés aux

TABLEAU XI

Humidité relative à Beni Abbès de 1941 à 1950(7, 13, 18 h (T. U.), moyennes mensuelles, en %) ¹

1941- 1950	h	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.
1941	7	53	48	54	33	27	33	—	—	—	—	—	—
	13	26	26	27	13	11	19	—	—	—	—	—	—
	18	23	22	25	11	9	16	—	—	—	—	—	—
1942	7	—	—	—	—	31	34	28	25	35	55	74	81
	13	—	—	—	—	18	19	18	16	17	32	56	52
	18	—	—	—	—	15	17	15	15	17	34	59	55
1943	7	68	61	50	44	38	29	23	27	52	54	52	70
	13	33	30	25	25	19	14	13	15	34	31	27	42
	18	36	34	25	28	19	15	14	17	36	29	28	43
1944	7	64	44	48	37	28	32	19	21	39	39	76	60
	13	42	23	32	23	16	19	10	11	25	29	47	36
	18	38	21	31	20	17	16	10	10	22	21	47	34
1945	7	51	45	34	28	36	24	20	—	—	—	—	—
	13	27	24	18	14	20	12	11	—	—	—	—	—
	18	18	23	17	10	19	11	10	—	—	—	—	—
1946	6	—	—	—	—	40	27	24	21	28	35	46	52
	12	—	—	—	—	23	14	12	10	17	19	26	31
	18	—	—	—	—	19	12	12	10	15	19	26	30
1947	6	48	43	28	33	26	20	16	—	27	30	42	55
	12	28	24	16	18	15	10	10	—	13	15	27	29
	18	24	19	13	16	13	10	9	—	12	13	24	27
1948	6	48	37	45	39	31	25	—	—	27	64	64	68
	12	27	22	25	21	22	15	—	—	15	37	35	42
	18	24	16	22	15	15	11	—	—	12	35	31	39
1949	6	61	57	53	58	40	18	—	—	24	35	47	81
	12	39	35	30	31	21	10	—	—	13	20	27	50
	18	34	26	27	25	15	8	—	—	10	16	23	49
1950	6	65	47	41	35	40	—	—	42	51	68	67	75
	12	35	26	27	16	18	—	—	21	35	40	44	62
	18	29	18	19	17	17	—	—	21	33	39	41	60

précipitations dont nous savons l'inconstance. Ces écarts n'atteignent cependant pas l'ampleur que laisserait supposer la dégradation extrême du régime pluviométrique. La température, elle, paraît très stable.

(1) De 1946 à 1950 les observations de 7 et 13 h sont effectuées à 6 et 12 h.

3. MÉSOCLIMATS AU SOL ET CLIMAT LOCAL

(Béni Abbès - Période 1949-1950)

Les facteurs : température de l'air à 10 cm, température du sol en surface et humidité relative de l'air à 10 cm sont étudiés à l'aide d'enregistrements (en partie reproduits ici, fig. 24-27) effectués en principe pendant une semaine, en fonction des saisons, sur les différents faciès écologiques (erg, hamada, oued, palmeraie)¹ dans un rayon de 1 à 2 km autour de Béni Abbès et sont comparés aux données locales enregistrées simultanément à 2 m.

Techniques. — La température et l'humidité relative de l'air ont été enregistrées les appareils étant posés directement sur un sol horizontal, *sous abri*, le récepteur se trouvant à 10 cm au-dessus du sol. Pour la température du sol sur une surface horizontale, le réservoir thermo-sensible était en étroit contact avec le sol, *sans abri*, et recouvert par une couche de sable de 5 mm d'épaisseur moyenne. Les heures sont exprimées en T.U. (temps universel).

Données générales. — D'une façon générale, pour toutes les saisons et pour tous les faciès, on voudra bien noter que : a) La température de l'air au sol, la température de l'air à 2 m et la température au sol en surface atteignent sur vingt-quatre heures leur maximum vers 15 h 00 et leur minimum au lever du jour, vers 6 h 00)². Le maximum de température nocturne se situe au début de la nuit (vers 20 h 00), le minimum au lever du jour (vers 6 h 00). b) La température du sol en surface dans ses extrêmes est superposable à celle de l'air à 10 cm, ainsi d'ailleurs que la température nocturne. c) L'humidité relative de l'air à 10 cm est minimale vers 15 h 00, la température étant alors maximale tant au sol qu'à 10 cm et à 2 m. Inversement, l'humidité relative est maximale une heure environ après le lever du soleil, la température atteignant son minimum. La nuit, *par temps calme*, elle ne présente que de faibles variations; son minimum se situe peu avant le coucher du soleil et son maximum peu après le lever. L'humidité relative à 2 m atteint son maximum également au lever du soleil, son minimum se situant aussi vers 15 h 00; la courbe tend parfois, comme la précédente, vers un aplatissement nocturne, celui-ci pourtant bien moins accusé qu'au sol.

Nous précisons enfin que pour une période donnée, les courbes enregistrées sur 24 heures sont d'une grande constance, se reproduisant à peu près identiques chaque jour.

(1) Quelques remarques concernant les faciès reg et djebel, qui n'ont pu être étudiés en raison de leur éloignement du point de base, seront faites à la fin de ce paragraphe.

(2) Rappelons qu'à cette latitude cet horaire varie peu au cours de l'année.

Nature du sol aux points de mesure. — Les sols (sans végétation) sur lesquels reposent les appareils aux points de mesure sont de nature différente : a) Le sol de l'erg est un sable parfaitement mobile. b) Le sol de la hamada est constitué en surface par des graviers de dimensions variées, légèrement agglomérés par un mélange de sable et de particules plus fines (argiles, limons). c) Le sol de l'oued, oued à sous-écoulement permanent (Saoura), est constitué par des sables auxquels sont mêlés quelques particules argileuses. Ces alluvions, par place, sont semi-fixés par un peuplement important de *Tamarix gallica* L. Les mesures ont été effectuées dans la zone moyenne de ce peuplement, hors du cours du fleuve, en un point correspondant aux biotopes des Insectes qui nous intéressent. d) Le sol de la palmeraie est un sable humifère, humide sur toute son épaisseur (fréquentes irrigations). Nos mesures ont été faites dans un clair sous-bois de dattiers et d'agrumes. e) Le point de base (données locales à 2 m) est situé sur la hamada.

Critiques. — Dans ces observations, deux points m'ont paru critiquables : a) Les résultats concernant les différents faciès ne peuvent être comparés entre eux pour un même jour qu'approximativement, les observations n'ayant pu être effectuées dans le même temps faute d'un appareillage suffisant. b) L'hygromètre au sol semble parfois manquer de sensibilité.

1. Le climat au sol au printemps

1. **L'erg** (Obs. du 18 au 19 avril 1950, fig. 24. — La température quotidienne de l'air à 10 cm est comprise entre 15 et 33° C. La nuit, son maximum est de l'ordre de 25° C. Le jour, la température du sol s'élève en surface jusqu'à 45° C, alors que son minimum s'établit vers 15° C. Sur le versant des dunes, compte tenu de l'inclinaison et de l'orientation, le maximum peut déjà atteindre 60 à 70° C. L'humidité relative accuse un maximum de 40 %, le minimum journalier ne descendant guère au-dessous de 25 %. La nuit, elle tend habituellement vers une certaine uniformité, voisine de 20 % ; ici (fig. 24) elle est exceptionnellement perturbée par les vents printaniers.

Les courbes de température et d'humidité relative de l'erg montrent des valeurs très voisines de celles que l'on observe dans les données locales à 2 m. L'allure même des différentes courbes est analogue.

2. **La hamada** (Obs. du 22 au 23 avril 1950, fig. 24). — La courbe journalière de température de l'air à 10 cm est assez semblable d'aspect à celle qui s'observe dans l'erg. Le sol s'échauffe là également comme dans l'erg mais, en raison de sa nature plus compacte et de sa surface toujours horizontale, la température n'y atteint jamais des valeurs aussi élevées. L'humidité relative, analogue à celle de l'erg, montre aussi une certaine uniformité nocturne, mais qui, là

encore, est perturbée par les vents de printemps. Sur la hamada, la température est plus élevée de 3 à 4° C et l'humidité relative inférieure de quelques unités par rapport aux données locales à 2 m. L'allure des courbes demeure cependant comparable.

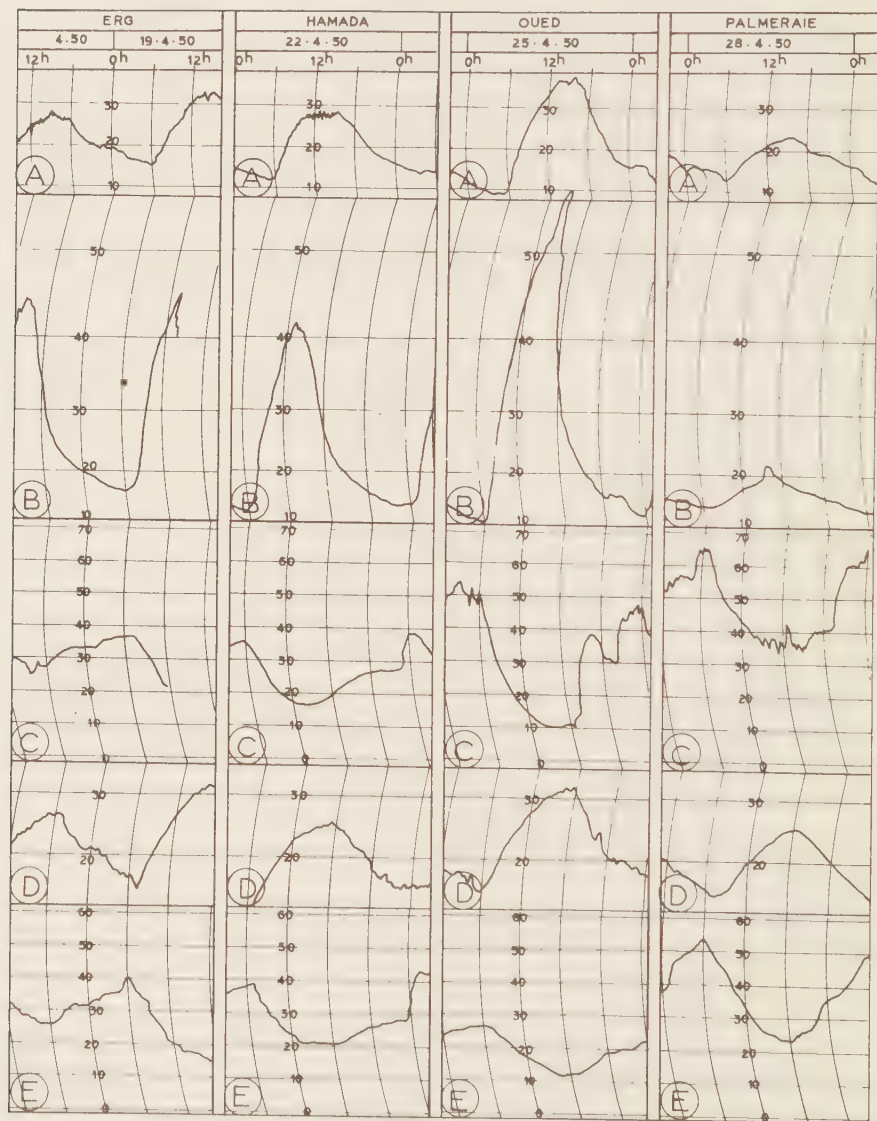


FIG. 24. — Mésoclimats au sol et climat local au printemps. Béné Abbès.
A, température de l'air; B, température du sol; C, humidité relative;
D et E, température et humidité relative de l'air au point de base à 2 m.
(° C et %).

3. **L'oued** (Obs. du 24 au 26 avril 1950, fig. 24). — La température journalière de l'air à 10 cm est comprise entre 10 et 37° C; comparativement aux faciès précédents, les extrêmes journaliers se trouvent donc accentués. Le maximum nocturne est voisin de 22° C. A la surface du sol, la température journalière est comprise entre 10 et 55° C. L'humidité relative est ici plus importante que dans les faciès précédents. Le jour, son minimum est environ de 10 %. La nuit, son maximum peut atteindre dès les premières heures 50 %, et alors se stabiliser sur une valeur de cet ordre jusqu'au lever du jour; mais, au printemps, le vent, qui modifie assez profondément le climat au sol, atténue le phénomène.

Dans l'oued, le climat au sol diffère du climat à 2 m par son maximum de température, supérieur de quelques degrés, et par son minimum, inférieur de deux ou trois unités. Il en diffère encore par l'humidité relative, considérablement plus importante, puisque son maximum est plus élevé de 25 %, les minima demeurant cependant comparables.

4. **La palmeraie** (Obs. du 27 au 30 avril 1950, fig. 24). — La courbe des températures nous montre là des extrêmes moins accentués que partout ailleurs. La température est comprise entre 10 et 25° C, le maximum nocturne étant de 20° C environ. Les températures du sol forment une courbe assez superposable à la précédente et à valeurs extrêmes du même ordre de grandeur. Quant à l'humidité relative à 10 cm elle n'est jamais inférieure à 35 % et atteint la nuit jusqu'à 70 %.

La palmeraie offre, ainsi que l'on s'y attendait, un mésoclimat tout à fait différent de ceux précédemment examinés. Cette différence apparaît, nettement marquée, dans tous les facteurs. Par comparaison avec les données locales à 2 m, la température de l'air est inférieure dans ses extrêmes journaliers de 4 à 5° C pour les *maxima* et de 2 à 3° C pour les *minima*. L'humidité relative se révèle aussi beaucoup plus élevée que celle enregistrée à 2 m.

2. Le climat au sol en été

1. **L'erg** (Obs. du 22 au 27 août 1949, fig. 25). — La température de l'air atteint là chaque jour un maximum de 40° C et son minimum est rarement inférieur à 20° C. Le maximum nocturne est voisin de 30° C. La température du sol en surface peut s'élever quotidiennement jusqu'à 60° C. Son minimum n'est jamais inférieur à 20° C. Le jour, l'humidité relative présente un minimum voisin de 15 %. Au cœur même de l'été, vers le 15 juillet, ce minimum peut être de 5 % et parfois moins. La nuit, par temps calme, entre 20 et 6 h, la courbe est une droite tout à fait horizontale. Vers 6-7 h, apparaît à l'extrémité de cette droite une pointe « arrondie ». Il semble bien que cette brusque élévation de l'humidité relative soit en

relation avec les phénomènes d'évaporation de l'eau du sol, à la suite du réchauffement matinal de la surface. (Voir chapitre suivant).

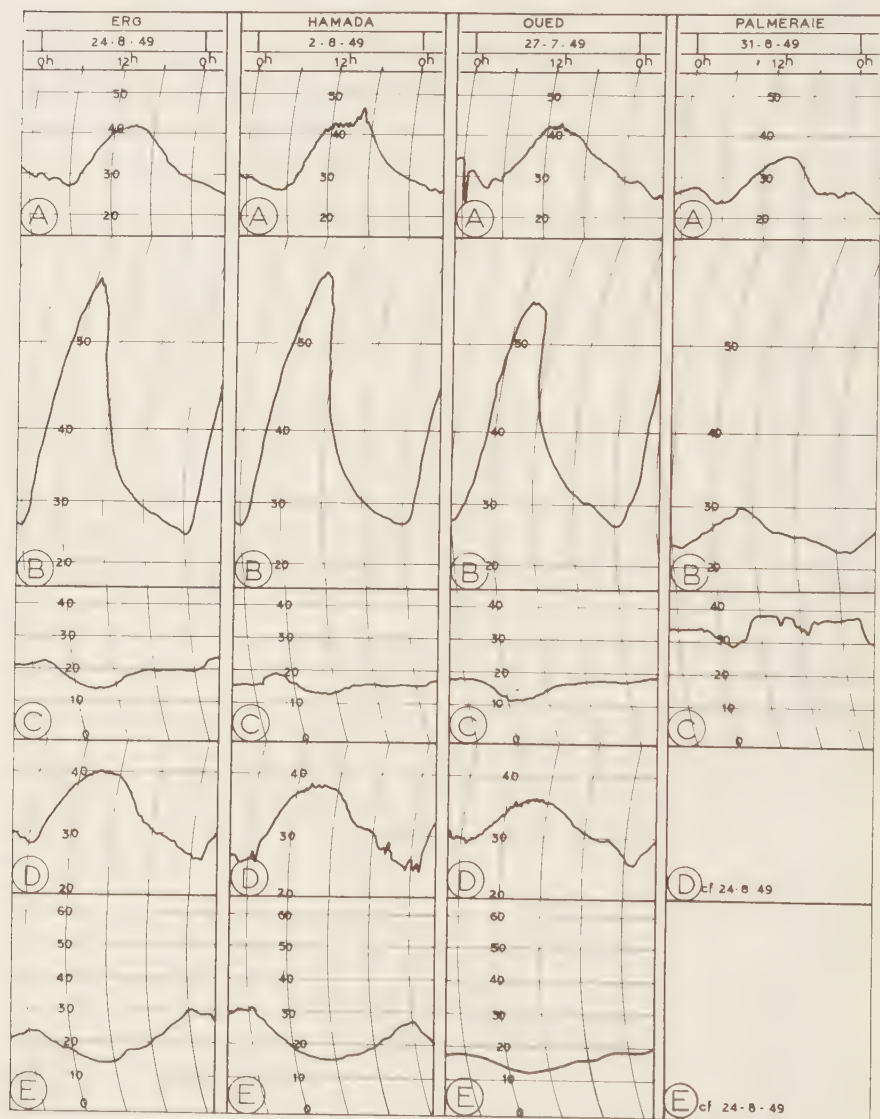


FIG. 25. — Mésoclimats au sol et climat local en été. Béni Abbès.
A, température de l'air; B, température du sol; C, humidité relative;
D et E, température et humidité relative de l'air au point de base à 2 m.
(°C et %).

La courbe des températures à 10 cm est assez analogue à celle des températures à 2 m. A 2 m, la courbe d'humidité relative atteint en « pointe » des valeurs supérieures à celles qui s'observent à 10 cm, mais ne présente pas la « droite » si caractéristique de l'humidité relative nocturne au sol.

2. **La hamada** (Obs. du 2 au 6 août 1949, fig. 25). — La température de l'air à 10 cm peut atteindre en pointe journalière près de 50° C. Elle est rarement inférieure dans son minimum à 25° C. Le sol de la hamada atteint en surface en cette saison des températures assez comparables à celles que l'on observe dans les sables de l'erg à surface horizontale. L'humidité relative de l'air à 10 cm est comprise chaque jour entre 10 et 15 %. La courbe nocturne est là, comme à la surface de l'erg, une droite horizontale qui s'établit vers 15 %; mais la pointe matinale qui s'observe encore est assez réduite et, certains jours, s'efface complètement.

Le maximum journalier des températures de l'air à 10 cm est généralement supérieur d'une dizaine de degrés C à celui que l'on note à 2 m, les *minima* étant, par contre, de même valeur. La courbe d'humidité relative à 10 cm nous montre des *maxima* journaliers qui sont inférieurs environ d'une dizaine d'unités par rapport à ceux que nous observons à 2 m et qui, par ailleurs, ne présente pas, la nuit, la régularité de la courbe obtenue au sol; les *minima* journaliers sont, eux, à peu près comparables.

3. **L'oued** (Obs. du 25 au 30 juillet 1949, fig. 25). — Comprise entre 20 et 40° C, la température journalière de l'air à 10 cm a ici un maximum nocturne de 30° C. La température journalière du sol en surface est habituellement comprise entre 25 et 55° C. Son maximum peut cependant dans certains cas dépasser 60° C. Les variations journalières de l'humidité relative de l'air à 10 cm sont de peu d'ampleur. L'humidité relative est comprise entre 15 et 20 %. La courbe nocturne est toujours une droite horizontale qui s'établit vers 20 %, mais dont la pointe matinale est peu perceptible.

La température au sol est ici supérieure d'environ 5° C (maximum et minimum), par comparaison avec celle enregistrée à 2 m, seule différence climatique vraiment sensible pendant cette observation. Enfin, un temps orageux qui modifie profondément la température à 2 m, est, au sol, pratiquement sans effet (période du 28 au 30 juillet).

4. **La palmeraie** (Obs. du 31 août au 4 septembre 1949, fig. 25). — La température notée en cette saison, la plus chaude, est ainsi que l'on s'y attendait, nettement inférieure dans ses *maxima* et dans ses *minima* à celle des autres faciès. Son maximum journalier atteint 35° C; son minimum 20° C. Le maximum nocturne, situé vers 20 h, est de 25° C. En été même, les écarts journaliers de température du sol en surface sont minimes. La température est comprise entre 22

et 31° C. Le maximum nocturne est généralement inférieur à celui de l'air de 2 ou 3° C. En ce qui concerne l'humidité relative de l'air à 10 cm, son maximum journalier est voisin de 40 % et son minimum rarement inférieur à 20 %. La régularité habituelle de la courbe nocturne, bien que considérablement perturbée, peut être encore discernée.

Les courbes à 2 m font ici défaut. La comparaison peut cependant être effectuée avec celles obtenues la semaine précédente (période du 22 au 27 août 1949, fig. 25, erg). La température de l'air au sol est dans la palmeraie inférieure de 2 à 3 degrés pour les *maxima* et les *minima*. L'humidité relative est également, dans ses *maxima* et ses *minima*, supérieure d'environ 10 %.

3. Le climat au sol en automne

1. **L'erg** (Obs. du 18 au 23 octobre 1949, fig. 26). — La température journalière de l'air à 10 cm est comprise entre 15 et 30° C. Le maximum nocturne est encore supérieur, bien souvent, à 20° C. Le sol accuse en surface une température journalière comprise entre 15 et 40° C. L'humidité relative se situe, en moyenne, entre 25 et 30 %. L'humidité relative nocturne est assez uniforme, mais la pointe d'évaporation matinale s'accroît nettement.

La température de l'air à 10 cm diffère peu dans ses extrêmes journaliers de celle du climat local à 2 m. L'humidité relative journalière à 10 cm est inférieure, en moyenne, de 10 %, les *minima* étant, pourtant, souvent supérieurs de 5 %.

2. **La hamada** (Obs. du 24 au 29 octobre 1949, fig. 26). — Comprise entre 15 et 30° C, la température journalière de l'air à 10 cm présente un maximum nocturne encore voisin de 20° C. Par contre, les écarts journaliers de la température du sol en surface sont déjà considérablement réduits : celle-ci est comprise entre 15 et 35° C. L'humidité relative de l'air à 10 cm ne présente que de faibles écarts journaliers ne dépassant guère 10 % ; elle est généralement comprise entre 30 et 40 % ; la courbe nocturne est toujours une droite horizontale, mais dont la pointe matinale est fortement accentuée.

La température de l'air à 10 cm est, dans ses *maxima*, habituellement supérieure de 3 à 4° C à celle que nous enregistrons à 2 m ; les *minima* sont, eux, sur les deux courbes, sensiblement de même valeur. L'humidité relative de l'air est aussi approximativement la même.

3. **L'oued** (Obs. du 15 au 21 novembre 1949, fig. 26). — A cette date, la proximité de l'hiver est déjà sensible : la température journalière de l'air à 10 cm est comprise entre 5 et 25° C ; le maximum nocturne est voisin de 10° C. La courbe des températures du sol en surface devient à peu près superposable à celle de l'air, même dans

les *maxima*. L'humidité relative de l'air à 10 cm est comprise approximativement entre 25 et 50 %. La partie nocturne de la courbe, une longue droite horizontale d'une valeur de 50 % et qui se prolonge dans la matinée jusque vers 10 h, ne présente qu'une pointe matinale là à peine marquée.

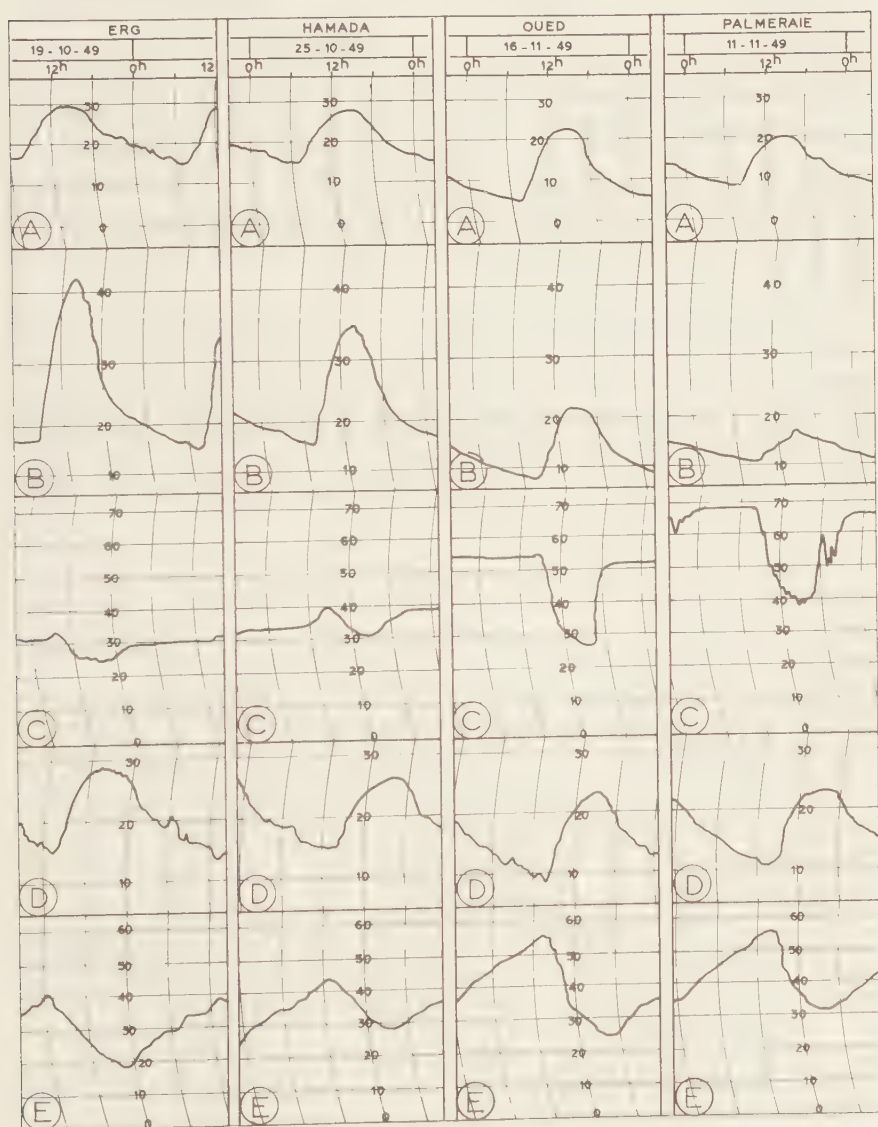


FIG. 26. — Mésoclimats au sol et climat local en automne. Béni Abbès.
A, température de l'air; B, température du sol; C, humidité relative;
D et E, température et humidité relative de l'air au point de base à 2 m.
(°C et %).

Par comparaison avec les données locales à 2 m, les températures maximales sont de même valeur, mais les minimales sont, dans l'oued à 10 cm, inférieures de 5° C à celles observées dans le climat local à 2 m. Bien que l'humidité relative soit dans ses extrêmes journaliers de même valeur, la droite horizontale qui caractérise la partie nocturne de la courbe enregistrée dans l'oued, dénote cependant une humidité considérablement plus élevée en ce point qu'à 2 m.

4. **La palmeraie** (Obs. du 8 au 13 novembre 1949, fig. 26). — La température journalière de l'air à 10 cm est comprise entre 10 et 20° C environ. Le maximum nocturne est de 15° C. La température du sol en surface est comprise entre 10 et 18° C. L'humidité relative de l'air à 10 cm atteint, la nuit, près de 70 %. La courbe nocturne est toujours une droite horizontale sans pointe matinale d'évaporation; son minimum est rarement inférieur à 40 %.

Les *maxima* de température de l'air à 10 cm sont inférieurs de 4 à 5° C et les *minima* de 1 à 3° C par comparaison avec les données locales à 2 m; les *maxima* nocturnes de l'air à 10 cm sont également inférieurs de quelques degrés à ceux du climat local à 2 m. La courbe d'humidité relative à 10 cm est une droite fort constante qui atteint 70 %, alors que celle enregistrée dans le climat local à 2 m n'accuse en pointe que 50 %; ses *minima* mêmes sont inférieurs de 10 % environ aux *minima* de la courbe obtenue à 10 cm.

4. Le climat au sol en hiver

1. **L'erg** (Obs. du 9 au 14 janvier 1950, fig. 57). — La température journalière de l'air à 10 cm est comprise entre 5 et 18° C. Le maximum nocturne est voisin de 10° C. La courbe des températures du sol en surface est assez superposable à la précédente; les *maxima* journaliers s'élèvent tout au plus jusqu'à 20° C. L'humidité relative à 10 cm atteint dans l'erg, en cette saison, son maximum annuel; le minimum journalier est rarement inférieur à 30 %; la courbe nocturne, toujours une droite horizontale, révèle un maximum quotidien de près de 60 %, mais la pointe d'évaporation matinale est considérablement réduite.

Les courbes de température de l'air à 10 cm et du climat local à 2 m sont assez superposables. Quant à l'humidité relative, elle est, à 10 cm, nettement inférieure dans ses *maxima* et ses *minima*, à celle que l'on observe à 2 m; cette dernière est en effet, le matin au lever du soleil, supérieure à 80 % et, à 15 h 00, n'est jamais inférieure à 40 %.

2. **La hamada** (Obs. du 16 au 21 janvier 1950, fig. 27). — La température journalière de l'air à 10 cm est comprise entre 5 et 20° C; le maximum nocturne est voisin de 8° C. Comprise quotidiennement entre 5 et 25° C, la température du sol en surface nous montre un maximum nocturne qui atteint environ 12° C. L'humidité relative

journalière de l'air à 10 cm est comprise, en moyenne, entre 25 et 45 %. La droite horizontale caractérisant la courbe nocturne atteint 45 %. Là également, la pointe matinale d'évaporation est à peine marquée.

Si nous comparons les données au sol sur la hamada aux don-

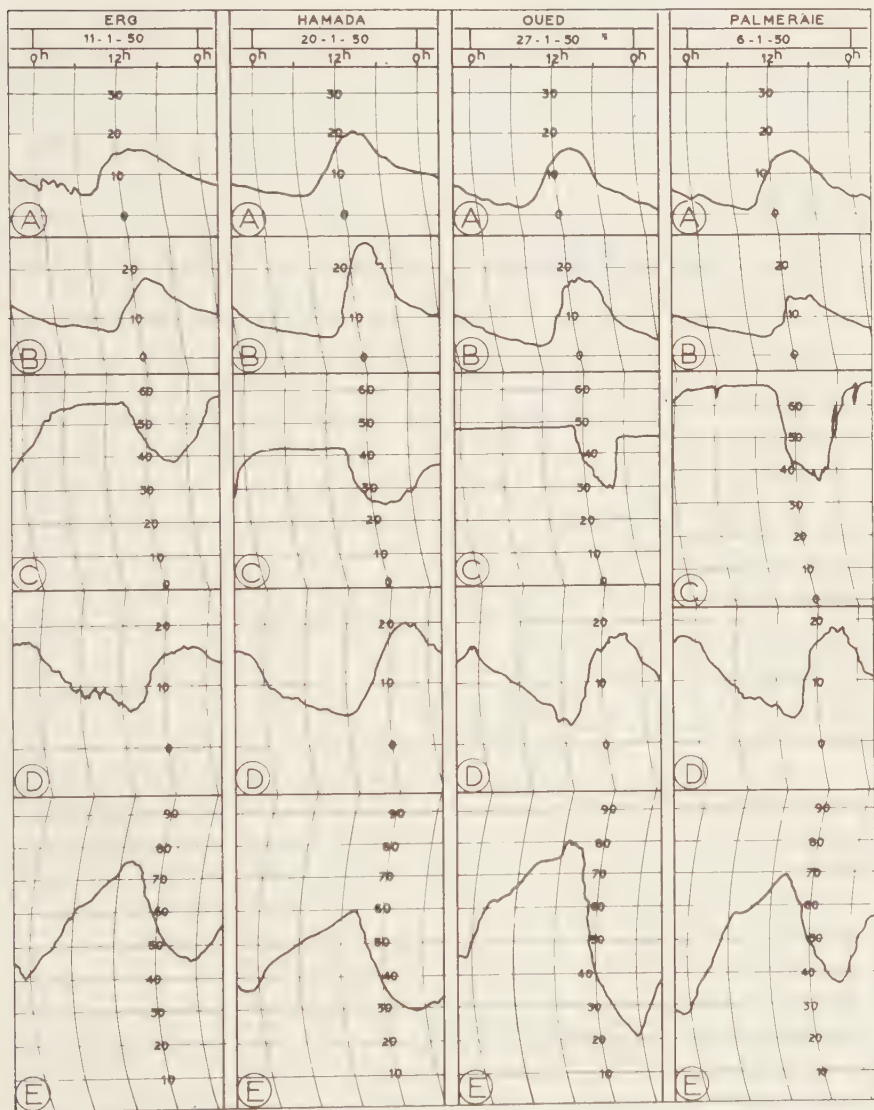


FIG. 27. — Mésoclimats au sol et climat local en hiver. Béni Abbès.
A, température de l'air; B, température du sol; C, humidité relative;
D et E, température et humidité relative de l'air au point de base à 2 m.
(°C et %).

nées locales à 2 m, nous voyons que les courbes de températures ont un aspect assez analogue. L'humidité relative au sol est là, comme dans l'erg, nettement inférieure à celle enregistrée à 2 m. A 2 m, le maximum d'humidité relative peut atteindre 80 %, alors qu'au sol, dans sa valeur nocturne, il dépasse rarement 45 % ; le minimum au sol est inférieur d'environ 10 % à celui qui s'observe à 2 m.

3. **L'oued** (Obs. du 23 au 28 janvier 1950, fig. 27). — La température de l'air à 10 cm est comprise entre 0 et 20° C ; l'écart quotidien est donc encore important. Le maximum nocturne n'est que de 5° C. Le sol accuse en surface des températures comprises, en moyenne, entre 3 et 18° C. Le maximum nocturne demeure cependant voisin de 10° C. L'humidité relative à 10 cm se situe entre 25 et 45 %. La courbe révèle la plus grande extension de la droite horizontale pouvant être observée pendant la nuit. La pointe d'évaporation matinale est faible, mais assez régulièrement marquée chaque jour.

La température de l'air à 10 cm est inférieure dans ses *minima* de 5° par comparaison avec ce qui s'enregistre à 2 m ; alors que les *maxima* sont sensiblement d'égale valeur. L'humidité relative au sol à 10 cm est inférieure en moyenne à celle notée à 2 m (de 20 à 30 % pour les *maxima* et de 5 % pour les *minima*).

4. **La palmeraie** (Obs. du 3 au 8 janvier 1950, fig. 27). — On note ici pour la température de l'air à 10 cm les écarts journaliers les plus faibles de l'année : la température est comprise entre 2 et 15° C ; le maximum nocturne est de 8° C. La température du sol en surface montre là des écarts très restreints : elle est comprise quotidiennement entre 5 et 15° C ; le maximum nocturne ne dépasse pas 5° C. L'humidité relative à 10 cm atteint là, dans ce faciès, son maximum annuel. La courbe nocturne, toujours une droite horizontale, s'établit à 65 % ; mais la trace de pointe matinale d'évaporation n'est plus visible.

La température de l'air à 10 cm comparée aux données enregistrées à 2 m est inférieure de 2 à 3° C dans ses *maxima* et dans ses *minima*. L'humidité relative est de même valeur dans ses extrêmes à 10 cm et à 2 m ; à 10 cm, elle demeure cependant quantitativement supérieure par son ampleur nocturne qui atteint en cette saison son maximum.

Pour résumer tout ceci, nous pouvons conclure :

Autour d'un point situé à 2 m du sol et dans un rayon assez limité, des différences souvent sensibles apparaissent dans les couches basses de l'atmosphère, sans même qu'il s'agisse des niveaux les plus inférieurs, c'est-à-dire des couches directement en contact avec le sol.

Sur les faciès typiquement désertiques, tels que l'erg, la hamada, ces différences sont de peu d'ampleur. Elles sont plus importantes, bien entendu, sur ceux où la permanence des collections d'eau, alliée

au relief, ou bien un sol souvent irrigué assurant le développement d'une végétation relativement dense, imposent de profondes modifications aux conditions climatiques locales. C'est ainsi que :

a) *Au printemps*, le climat de l'erg est plus frais et plus humide que celui de la hamada. Dans les deux cas, les courbes sont comparables à celles obtenues à 2 m au point de base sur la hamada.

Le climat de l'oued est plus chaud et plus humide que celui des faciès précédents, mais son minimum quotidien se situe plus bas; la surface du sol y est aussi plus chaude. Dans la palmeraie, règne un climat moins chaud (*marima* moins élevés) et plus humide; aucune comparaison n'est possible avec le climat à 2 m.

b) *En été*, le climat de l'erg est moins chaud que celui de la hamada (*marima* moins élevés) et aussi plus humide. Le jour, la surface du sol s'échauffe semble-t-il davantage sur la hamada, alors que la nuit, cette température est comparable. De plus, ces deux mésoclimats sont plus chauds et plus secs que le climat local à 2 m.

Dans l'oued, le climat est légèrement plus chaud que sur la hamada et, bien entendu, beaucoup plus humide. La surface du sol révèle cependant des températures moins élevées. Quant au climat de la palmeraie, il est considérablement plus frais et plus humide encore que le précédent et là, la température à la surface du sol est voisine de celle de l'air à 10 cm. Il était prévisible que dans ces derniers faciès le climat s'opposerait totalement aux données de référence.

c) *En automne*, l'erg est plus chaud que la hamada, à la surface du sol notamment. L'humidité par contre est la même. Le climat est analogue dans les deux faciès et au point de base.

Les conditions climatiques qui règnent dans l'oued sont fort différentes des précédentes. Le climat est plus frais et plus humide, surtout dans ses *minima*, c'est-à-dire la nuit. La courbe des températures du sol est analogue à celle de l'air à 10 cm. Le climat de la palmeraie est plus frais que celui de l'oued bien que les *minima* soient moins bas. L'humidité relative est aussi beaucoup plus élevée. La surface du sol montre des températures déjà basses et aux écarts quotidiens peu marqués. Là encore, le climat de ces deux faciès n'a aucun point commun avec celui du point de base.

d) *En hiver*, le climat de l'erg est assez semblable à celui de la hamada, le sol de cette dernière s'échauffant toutefois davantage. L'humidité relative est plus importante dans l'erg où elle atteint la nuit 60 %. En cette saison, le climat des deux faciès est très voisin de celui du point de base.

Dans l'oued, le climat est plus chaud que dans les faciès précédents; les *minima* sont néanmoins légèrement plus bas. La température du sol est la même que celle que nous observons à 10 cm, les courbes se superposant parfaitement. Quant à l'humidité relative de l'air, elle est du même ordre que ci-dessus. Dans l'ensemble, la température est ici assez semblable à celle du climat local; l'humidité relative de l'air, par contre, est nettement moins élevée. La palmeraie

révèle à cette époque un climat très froid où, de plus, les écarts quotidiens ne sont que de 10° C. L'humidité relative est très élevée. Ces deux derniers climats diffèrent totalement de celui du point de base.

Enfin, en été, en automne et en hiver, la courbe nocturne d'humidité relative est par temps calme, dans tous les faciès (moins nettement cependant dans la palmeraie), une *droite fort constante* qui semble caractériser le climat des couches les plus basses de l'atmosphère. Ce phénomène pourrait être dû à une intensité moindre de l'évaporation de l'eau du sable, cette eau se condensant alors au niveau du sol à la suite du refroidissement nocturne. Les fluctuations saisonnières de la courte pointe d'évaporation qui apparaît à l'extrémité de cette droite au lever du soleil, confirmeraient cette façon de voir. Au printemps, l'agitation permanente de l'air s'opposerait à ce que le phénomène soit visible.

Ce point important dans l'écologie d'une faune dont l'activité à la surface du sable se situe la nuit ou bien le matin tôt, se souligne de lui-même.

4. REMARQUES CONCERNANT LE CLIMAT DES REGS ET DES DJEBELS.

Le climat qui règne à la surface du reg est incontestablement le plus âpre qui soit au désert. Ces immenses surfaces planes n'autorisent que par exception le ruissellement. Le reg n'a donc généralement pas la possibilité d'accroître de cette manière les quelques précipitations uniformément reçues à sa surface. Il est probable que néanmoins ce climat s'apparente à celui de la hamada, ne serait-ce que par la température des premières couches du sol.

Quant aux djebels, de leur altitude d'une part (dans les Monts d'Ougarta elle peut être supérieure de 200 m à celle de Béni Abbès), de leurs multiples aspects d'autre part (relief, possibilité de ruissellement, sol, végétation), résultent de nombreux mésoclimats, dont l'étude ne pouvait être entreprise dans le cadre de ce travail. La teinte de la roche, souvent foncée, joue parfois un rôle déterminant dans certains mésoclimats, car, ainsi que l'a souligné A. Kh. IABLOKOFF (1954), une roche sombre emmagasine pendant le jour une quantité importante de chaleur, qu'elle restitue en grande partie la nuit ; alors qu'une roche claire réfléchit la presque totalité des radiations reçues.

5. LE CLIMAT AU SOL APRÈS LA PLUIE

D'une façon générale, on remarque immédiatement après la pluie un refroidissement appréciable de l'air et des toutes premières couches du sol (voir p. 98). Le degré hygrométrique de l'air s'élève rapidement et peut même atteindre jusqu'à 60 % en été. Au même titre que la pluie qui les provoque, ces phénomènes sont exceptionnels et

n'apportent, dans l'immédiat, aucune modification dans le comportement de la faune, si ce n'est un ralentissement bien marqué de son activité.

*
**

Le climat de cette région, bien caractérisé, accuse au niveau du sol, même sur les faciès dépourvus de toute couverture végétale, des modifications sensibles dont résultent des mésoclimats assez particuliers.

CHAPITRE III

L'ENDOCLIMAT DU SABLE

Le climat interne du sable, son *endoclimat*, quelle que soit l'importance de l'édifice considéré, s'oppose au climat de surface :

1° Par la *permanence de l'eau*, souvent même à partir d'une faible profondeur.

2° Par la *température*, beaucoup plus basse dans la masse qu'en surface, et dont les *écarts* quotidiens et saisonniers sont *extrêmement atténués* dès les premiers centimètres.

3° Par l'*humidité relative de l'air*, qui, atteint dans le sable à une faible profondeur des *valeurs élevées* sans grands écarts quotidiens ni variations saisonnières importantes.

Cette opposition se retrouve aussi nettement marquée dans tous les sables vifs, tant sur le littoral que sur le continent dans les régions les plus arides.

A ses propriétés physiques : cohésion nulle, *faible conductibilité thermique*, porosité importante, grande perméabilité, le sable doit ce climat particulier qui est d'autre part caractérisé dans son ensemble par une grande uniformité.

Des microclimats existent cependant : je montrerai au chapitre suivant ce qu'ils sont.

L'horizon supérieur du sable, sur une épaisseur d'un mètre environ, sera seul examiné, car les biotopes des sabulicoles ne s'établissent que par exception plus profondément. D'ailleurs, au-delà de cette profondeur, le climat ne varie pratiquement plus.

1. L'EAU DU SABLE

Les formations importantes de sables vifs sont, à de rares exceptions près, toujours humides en profondeur, lorsqu'elles ne reposent pas parfois, comme souvent dans l'erg, sur des sables à teneur en eau assez élevée, teneur qui augmente avec la profondeur et peut atteindre très vite la saturation, quelquefois même près de la surface, comme dans l'Erg er Raoui.

Au niveau supérieur, dans la masse de sable sec, à la suite de pluies importantes (> 5 mm), se forment en outre par ruissellement des noyaux ou des colonnes de sable humide dont la teneur en eau est temporairement importante.

De nombreux biotopes s'installent à cette profondeur, indépendamment de ceux qui résultent directement de la présence même de la nappe phréatique.

L'histoire de cette eau doit donc être relatée dans ses points principaux : origine, maintien et distribution.

1. Origine de l'eau

1. Les nappes aquifères. — Il n'y a pas lieu de s'étendre sur l'origine de « l'eau géologique »¹. Rappelons simplement qu'il existe dans la plupart des grands massifs dunaires une nappe plus ou moins profonde, capable parfois d'un débit important, et dont les eaux sont pour la plus grande part d'origine extra-saharienne. C'est cette eau qui alimente en premier lieu les puits de l'erg.

L'eau des précipitations importantes, collectée non seulement à la surface de l'erg, mais encore sur l'ensemble du désert, apporterait à cette nappe un complément notable. Mais c'est certainement au Nord, où la pluviométrie est plus élevée, qu'il faut rechercher l'origine essentielle de cette eau abondante, dont le niveau n'accuse, même en période sèche, que de modestes fluctuations. Après examen du système hydrographique qui couvre le Sahara Nord-Occidental (cf. J. DUBIEF, 1953), le principe paraît valable pour tous les grands ensembles dunaires de la région : Grand Erg Occidental (au moins sa partie ouest), Erg er Raoui, Erg Iguidi et Erg Chech même (pl. IX, phot. 1 et 2), au cœur du désert.

Cependant, la végétation herbacée et la faune sabulicole qui lui est attachée ne sont pas liées à cette eau profonde. Seuls, les « arbres souterrains », tels que les *Calligonum*, les *Ephedra*, les *Tamarix*, dont les branches supérieures atteignent, souvent avec peine, la surface du sable, peuvent utiliser dans quelques cas cette eau profonde.

Dans l'Ouest du Grand Erg Occidental, le niveau des principaux puits (= profondeur de la nappe) est le suivant : Hassi el Hadj = 26 m; H. el Hamra = 12,5 m; H. Djedid = 10,5 m; H. el Homeur = 13 m; H. Fokra = 6 m (H. SCHOELLER, 1945). L'orifice de ces puits est généralement situé à la base de la dune, l'édifice pouvant s'élever à plus de cent mètres au-dessus de ce niveau. La végétation herbacée s'installe habituellement au creux de la dune, c'est-à-dire à une faible hauteur. Exceptionnellement, cette végétation herbacée peut croître vers le sommet de la dune (Pl. X, phot. 1), où elle se maintient, même en période sèche, soit à près de cent mètres au-dessus du niveau de la nappe. Le système racinaire devrait donc,

(1) Voir à ce sujet, pour le Grand Erg Occidental, A. CORNET (1952).

dans les cas moyens, pouvoir atteindre : 15 m (profondeur de la nappe) + 15 m (creux de la dune) c'est-à-dire 30 m.

Or, la Graminée *Aristida pungens* Desf., par exemple, fond du peuplement herbacé de l'erg, ne peut développer en profondeur un tel système racinaire.

La pluie seule, si peu abondante qu'elle soit, apporterait donc à la végétation herbacée l'eau qui lui est nécessaire, les expériences tentées pour mettre en évidence des remontées importantes d'eau phréatique à travers le sable jusqu'en surface où des condensations nocturnes au sol d'eau atmosphérique en quantité notable étant demeurées négatives.

On a en effet quelquefois signalé au Sahara (J. LUGEON, 1930, par exemple) des zones de sable visiblement humidifiées en surface par des condensations nocturnes importantes d'eau atmosphérique, et supposé qu'elles pouvaient avoir un rôle dans l'alimentation des nappes phréatiques.

En fait, si ce phénomène est presque quotidien dans certaines régions non ou peu désertiques, en particulier sur le littoral, et même sur le littoral du Sahara, et son apport en eau tout à fait notable (B. GÈZE, 1947; H. MASSON, 1948, 1948 a, 1950), à l'intérieur du désert, ces condensations demeurent toutefois l'exception.

Pour ma part, il ne m'a été donné de les observer que sur des faciès normalement humides (oued à sous-écoulement permanent, palmeraie), ou bien encore après la pluie.

Au Sahara Nord-Occidental, quelle peut être cependant leur valeur ?

Le 13 janvier 1950 à 6 h, le sable au fond de plusieurs creux de dunes, en bordure de l'erg à Béni Abbès, était visiblement humecté d'eau, sur une épaisseur de 2 mm. Sa teneur en eau était égale à 1 % par rapport au poids sec. Rien de comparable ne se retrouvait à l'intérieur de l'erg où un prélèvement effectué au flanc de la dune donna des teneurs en eau minimales, simples condensations occultes :

Par rapport au poids sec,

Sable en surface	0,04 %
Sable à 10 cm de profondeur	0,01 %

La nuit de Noël 1949, au lever du jour, les pierres de la hamada étaient recouvertes de fortes condensations à la limite du ruissellement. Le 26 décembre, à la même heure, le phénomène n'était pas visible.

Une pluie importante il est vrai (21,9 mm) avait arrosé la région les 2 et 3 décembre et il est probable qu'elle jouait un rôle dans ces condensations, car un simple examen des données climatiques à la surface du sable au lever du soleil nous montre que, normalement, le *point de rosée*, à partir duquel des quantités d'eau appréciables sont apportées au sol, ne peut que très exceptionnellement être atteint et un hiver seulement :

	<i>Hum. rel.</i>	<i>t° de l'air</i>	<i>Point de rosée</i>
<i>Grand Erg à Béni Abbès</i>			
Printemps (19 avril 1950) ..	31 %	13°,9 C	— 2°,7 C
Été (15 juillet 1949)	10	27°,3	— 6°,8
Automne (21 octobre 1949) ..	25	16°,8	— 3°,1
Hiver (13 janvier 1950)	48	6°,3	+ 3°,5

Quant aux condensations occultes, ainsi que cela a été précisé plus haut, leurs valeurs sont extrêmement minimales et il est bien peu probable qu'elles interviennent dans le développement ou le maintien de la vie.

2. **Les précipitations.** — L'eau de pluie reçue à la surface des dunes n'a pas une répartition régulière et c'est à cela que le sable doit de pouvoir emmagasiner les quantités d'eau nécessaires à l'installation et à la durée des biotopes.

L'eau des pluies > 5 mm, après avoir humecté le sable en surface, ruisselle sur le flanc des dunes, puis s'infiltre au creux de celles-ci. On voit ici, et ne serait-ce que pour cela, la nécessité de séparer les pluies < 5 mm de celles ≥ 5 mm. Les pluies < 5 mm ne ruissellent pas. Elles humidifient le sable sur quelques millimètres, puis sont immédiatement rendues par évaporation à l'atmosphère. Leur rôle écologique est donc des plus éphémère.

Les pluies égales ou supérieures à 5 mm pénètrent dans le sable, d'après ce que j'ai pu observer, suivant un processus qui peut être décrit ainsi :

1. Les premières eaux humectent d'abord assez uniformément la surface du sable sur une faible épaisseur, quelques centimètres tout au plus.

2. Le ruissellement s'amorce à l'intérieur de cette couche mouillée, dont l'épaisseur, par ailleurs, n'augmente que très lentement et seulement lorsque le sable est à saturation.

3. L'eau se rassemble et s'accumule dans le sable au fond du creux, puis alimente alors une colonne verticale dont la teneur en eau atteint toujours des valeurs élevées.

La pluie de 18 mm enregistrée à Béni Abbès le 6 décembre 1949 et qui couvrit l'Ouest du Grand Erg Occidental me permit certaines observations qui appuient le schéma ci-dessus. Ces observations (fig. 28) concernent :

1. *L'épaisseur de la couche de sable atteinte par l'eau sur une dune de l'erg :*

- a. Sur une surface horizontale 12 cm
- b. Sur une pente inclinée à 30° 8 cm
- c. Au fond du creux > 120 cm

2. La teneur en eau du sable par rapport au poids sec pour les points ci-dessus, trois jours après la pluie :

- | | |
|---|--------|
| a. Sur une surface horizontale | — |
| b. Sur une pente inclinée à 30° | 2,85 % |
| c. Au fond du creux (couche supérieure) | 3,90 % |
| » » (à 1,20 m de profondeur) | 3,60 % |

Pour ce dernier point, devons-nous supposer que la colonne du 6 décembre 1949 a fusionné avec celle qui s'était constituée à la suite des pluies précédentes totalisant 20,3 mm au mois de mars 1949, ou bien devons-nous admettre l'inverse ?

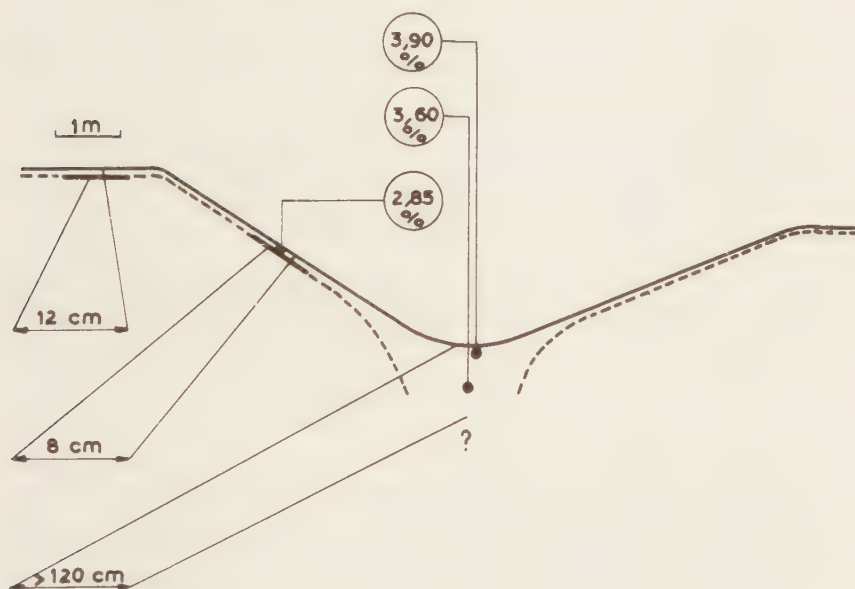


FIG. 28. — Pénétration de l'eau de pluie dans le sable.

II. SCHOELLER (1945) estime que seule l'eau de pluie contribue à l'alimentation de la nappe de cette partie du Grand Erg Occidental, car l'eau des puits et sources du secteur ne présentent qu'une très faible teneur en sels et un résidu sec minime.

A. CORNET (1952) pense par contre que l'eau des nappes phréatiques est pour la plus grande part extra-saharienne, sans cependant rejeter pour cela l'éventualité d'un apport météorique direct (pluies, condensations nocturnes).

La topographie de l'Erg dans ses grandes lignes varie peu et ces immenses surfaces de ruissellement semblent bien collecter des quantités d'eau importantes.

Je rapporterai maintenant une observation relative à la pluie du 25 mars 1949, égale cette fois à 5 mm, couvrant un secteur identique à celui mentionné précédemment et ayant humecté assez uniformément le sable sur une épaisseur de 3 cm :

Teneur en eau du sable par rapport au poids sec :

1 h après la pluie :	à 1 cm de profondeur	...	9,21 %
6 h	»	à 1 cm	» 3,87 %
»	»	à 15 cm	» 0,12 %
12 h	»	à 1 cm	» 1,80 %
»	»	à 15 cm	» 0,13 %

Par ailleurs dans cette observation, 24 h après la pluie, un vent d'Est de 12 m/s avait déjà recouvert, par places, le sable mouillé par du sable sec, sur une épaisseur atteignant par endroits une dizaine de cm.

Nous voyons donc que, 6 heures après la pluie, le sable a perdu en surface plus de 50 % de son eau; 12 heures après la pluie, ce chiffre s'élève à 75 %. Ces pertes sont dues à l'évaporation et non à une infiltration, car à une profondeur de 15 cm, les valeurs, pratiquement nulles, demeurent à peu près inchangées.

L'eau de ces pluies minimales ne pénètre donc pas profondément dans le sable; elle s'évapore très vite si le sable mouillé n'est pas recouvert rapidement par une couche de sable sec d'une épaisseur suffisante.

2. Maintien de l'eau

Après la pluie, la surface du sable se dessèche. Le sable sec est érodé et repris par le vent. Il s'accumule alors en différents points, protégeant de l'évaporation certains secteurs de sable humide par des amoncellements importants. Ces amoncellements atteignent vite une épaisseur suffisante pour neutraliser en grande partie par leurs propriétés isothermes les températures élevées qui s'observent le jour à la surface du sable. Mentionnons déjà, il y aura lieu d'y revenir à un prochain paragraphe, qu'à 50 cm de profondeur la courbe des températures est, même en été, presque une droite horizontale. En d'autre lieux, le sable humide est ainsi progressivement mis à nu et, soumis à une intense évaporation, rapidement privé de l'eau qu'il contient.

Il résulte de ceci, que, par places, en plus des colonnes aquifères, des noyaux de sable humide, isolés dans la masse, se constituent.

Un point est certain : l'eau se maintient ainsi très longtemps dans le sable. Des mesures, effectuées sur des échantillons prélevés dans l'Erg à Béni Abbès, au cœur de l'été (18 juillet 1949), m'ont donné, rapportées au poids sec, les chiffres suivants :

Sable à 20 cm de profondeur	0,38 %
» 40 »	0,09
» 60 »	0,90
Pluie en mars 1949	20,3 mm
» avril »	30,4

Trois mois après ces pluies, nous constatons encore, à une faible profondeur, une teneur en eau appréciable, certainement plus importante plus bas ¹.

3. Distribution de l'eau

L'eau ainsi stockée est distribuée aux différents biotopes selon divers processus.

1. **L'eau d'imbibition.** — Il y a d'abord l'eau utilisée *in situ*. Une partie de la faune entomologique effectue son développement liée aux tiges souterraines des végétaux installés sur les noyaux, colonnes ou nappes peu profondes.

2. **L'eau de « distillation ».** — Lorsque l'on effectue par la méthode pondérale la teneur en eau d'un sable prélevé à la surface de la dune peu avant le lever du soleil, c'est-à-dire au moment où sa température est la plus basse, il est possible de mettre en évidence des quantités d'eau comprises entre 0,01 et 0,04 % par rapport au poids sec.

Or, ainsi que nous l'ont montré depuis L. DEMON et *alt.* (1953), cet apport ne peut avoir que très exceptionnellement son origine dans les condensations au sol d'eau atmosphérique ².

L'atmosphère interne du sable sec a généralement une humidité relative assez élevée et sans écart quotidien, même à une faible profondeur. La courbe fig. 33 A, enregistrée en été à — 70 cm, est une droite qui s'établit vers 60 %.

D'autre part, la partie de la courbe d'humidité relative de l'air à + 10 cm enregistrée la nuit (chap. précédent) montre une droite

(1) Je signalerai de plus à ce propos un phénomène qui souligne encore davantage les propriétés isothermes du sable. A Grebenatz près de Temesvar en Hongrie, à l'extrémité occidentale des Alpes de Transylvanie, s'observe un fait curieux. Je laisserai la parole à l'auteur, le Dr SZMOLAY (1876) : « ... Grebenatz, village qui confine à un désert remarquable. C'est une contrée assez étendue que l'Etat s'est efforcé inutilement de planter et de cultiver. On dirait un petit Sahara; le sable, souvent emporté par des ouragans, y produit des effets vraiment prodigieux : ainsi en hiver, un orage ensevelit une vallée de neige sous une couche épaisse de sable, et en été on trouve une glacière faite par la nature. Sur les limites de ce désert se trouve la *Tentyria friwaldski*, curieux Ténébrionide dont les espèces voisines vivent ordinairement sur le bord des mers... ».

(2) On consultera aussi les travaux de R. ARIS (1957) et de F. DERVIEUX (1957), parus après la composition de ce texte.

horizontale souvent très régulière et qui se termine au lever du soleil par une pointe d'évaporation, alors qu'à + 2 m, cette partie de la courbe est très différente.

Enfin, si l'on dispose à la surface de l'erg des « verrières » du type employé par les SERVICES DE L'HYDRAULIQUE en Algérie, par exemple, on recueille des quantités d'eau appréciables. Quelques chiffres ont été publiés par G. CVILANOVICH (1953), alors physicien au Centre :

Mesures effectuées du 19 mars au 2 avril 1951 dans l'erg près de Béni Abbès :

Au sommet de la dune : entre 0,8 et 1,5 mm

A la base de la dune : entre 4 et 4,5 mm,

pour 24 heures, en hauteur d'eau¹.

Le sol, plus particulièrement le sable, est donc le siège d'une réelle *distillation* à partir de l'eau de pluie emmagasinée dans la profondeur et aussi peut-être à partir de l'eau de la nappe profonde. C'est ce que pense pour ce dernier point CVILANOVITCH, mais ceci n'a pas encore été démontré².

L'eau emmagasinée dans le sable est donc ainsi distribuée :

a. A la zone profonde, qui est, par places, toujours visiblement humectée.

b. A la zone de surface, dont l'atmosphère accuse une humidité relative uniforme, comprise suivant la profondeur entre 10 et 100 %.

c. Aux couches basses de l'atmosphère, qui, au sol, atteignent la nuit un degré hygrométrique étonnamment élevé ainsi que nous l'avons vu.

Il n'est donc pas impossible qu'en ce qui concerne les condensations mentionnées plus haut, que celles-ci se forment à partir de cette eau et non à partir de l'eau atmosphérique.

3. L'eau de transpiration des végétaux. — Les végétaux jouent un rôle important dans la distribution de l'eau. Les tiges souterraines, les feuilles même, souvent recouvertes par le sable, forment des biotopes densément peuplés.

Quelques chiffres de teneur en eau (par rapport au poids sec) concernant une dune à *Tamarix aphylla* L., à Béni Abbès près de la Ksiba :

Sable prélevé autour d'une tige sans feuille le 1^{er} septembre 1949 :

A 2 cm de profondeur	0,03 %
A 10 cm de profondeur	0,10 %

(1) Notons un point important qui ne semble pas avoir été retenu par l'auteur : les pluies atteignent à Béni Abbès en janvier et février 1951 : 26,5 mm ; en 1950 : 80,1 mm ; en 1949 : 75,5 mm...

(2) Néanmoins, les tous récents travaux des géophysiciens effectués dans le Grand Erg Occidental au printemps 1953 (rapport inédit) donneraient à croire qu'il peut y avoir *per ascensum* humidification des couches supérieures du sable à partir de la nappe profonde (L. DEMON et *alt.*, 1953).

Sable prélevé autour d'une tige avec feuilles, recouverte récemment, le 28 décembre 1947 0,58 %

Pour nous résumer, l'alimentation en eau des sables du désert repose donc sur deux systèmes totalement indépendants :

1. Un système actionné par les *précipitations* collectées en surface, à la faveur duquel se développerait la *végétation herbacée*, habituellement assez éphémère.

2. Un système alimenté par la *nappe phréatique*, dont bénéficierait la *végétation arbustive ou arborescente*, beaucoup plus durable, et qui lui permettrait de subsister en période d'aridité accentuée.

2. LA TEMPÉRATURE DU SABLE

La température du sable est essentiellement caractérisée au Sahara Nord-Occidental par une très forte amplitude quotidienne et des écarts saisonniers importants dans les toutes premières couches et par une grande uniformité dans la profondeur.

Nous étudierons, pour un point du Grand Erg Occidental à Béni Abbès, en fonction des saisons, de l'heure et de la profondeur, la température du sable sur une épaisseur de 50 cm, la courbe des températures devenant au delà, pour une période donnée, une droite à peu près horizontale. Parallèlement à ceci, nous considérerons la température du sable retenu sous une pierre, refuge éventuel de quelques sabulicoles. La température du sable après la pluie sera aussi examinée.

Enfin, dans les remarques générales, les écarts saisonniers à 1 m de profondeur seront mentionnés.

Techniques. — Toutes ces observations sont effectuées partant de la surface horizontale d'un sable sec, pur, sans végétation, parfaitement mobile, sans abri. La première série de mesures est faite au lever du soleil, moment où la température de l'air et celle du sable en surface atteignent leur minimum. Les mesures sont effectuées à 10 h 00, 15 h 00, 20 h 00 et 01 h 00 (T.U.).

Le volume de la pierre où la température du sable a été relevée est égal à $20 \times 20 \times 20$ cm.

A titre de référence, nous donnerons en outre la température et l'humidité relative de l'air à 10 cm au-dessus du point de mesure.

1. La température du sable au printemps

(Grand Erg Occidental à Béni Abbès, obs. du 19 avril 1950, Tabl. XII, fig. 29 A).

Le jour, en surface, la température est comprise entre 12,5 et 46,5 °C. La nuit, elle se situe entre 24,2 (début) et 12,5 °C (fin). Les écarts sont par conséquent respectivement de 34 et 11 °C. La température s'équilibre à — 30 cm, accusant alors 28-29° C. L'amplitude thermique quotidienne est donc neutralisée à une faible profondeur,

TABLEAU XII

Température du sable au printemps
(Grand Erg Occidental à Béni Abbès)¹

(Obs. du 19 avril 1950, en ° C)

Profondeur (en cm)	6 h	10 h	15 h	20 h	01 h
0 (0,5)	12,5	45,1	46,5	24,2	21,5
5	19,1	28,6	38,1	30,1	26,1
10	22,5	25,0	33,9	31,1	28,8
20	27,6	28,5	29,2	29,0	28,9
30	28,0	29,2	29,3	27,6	29,0
40	28,5	29,9	29,5	27,4	28,5
50	28,5	30,1	29,6	27,0	28,0
Sable sous une pierre	—	27,1	33,5	26,1	21,1
t° de l'air à à + 10 cm ..	13,9	26,7	32,2	25,1	18,0
H.R. de l'air à + 10 cm	30,8	18,6	10,8	26,6	31,9

(1) A ce tableau, ainsi qu'aux suivants, ont été données en outre, à titre de référence la température du sable sous une pierre, la température et l'humidité relative de l'air à 10 cm au-dessus du sol.

TABLEAU XIII

Température du sable en été
(Grand Erg Occidental à Béni Abbès)

(Obs. du 15 juillet 1949, en ° C)

Profondeur (en cm)	5 h	10 h	15 h	20 h	01 h
0 (0,5)	24,5	55,5	57,5	33,5	27,5
5	31,0	38,8	53,1	41,3	38,8
10	34,5	36,4	44,2	42,3	37,4
20	36,7	37,0	38,8	38,1	36,8
30	36,5	36,0	37,1	35,2	33,6
40	34,3	34,1	35,4	32,5	33,0
50	32,7	32,9	33,4	32,0	32,2
Sable sous une pierre	—	—	—	—	—
t° de l'air à à + 10 cm ..	27,3	40,9	44,2	34,6	30,2
H.R. de l'air à + 10 cm	8,2	7,6	0,0	3,0	6,8

TABLEAU XIV

Température du sable en automne
(Grand Erg Occidental à Béni Abbès)

(Obs. du 21 octobre 1949, en ° C)

Profondeur (en cm)	6 h	10 h	15 h	20 h	01 h
0 (0,5)	13,1	37,5	43,1	18,2	15,3
5	17,8	25,4	37,8	25,8	21,5
10	21,3	24,0	31,5	28,2	24,2
20	25,9	26,2	27,9	28,3	26,5
30	26,8	27,8	28,2	28,1	27,0
40	27,8	28,1	28,9		27,2
50	28 1	28,5	29,2	28,0	28,0
Sable sous une pierre	—	34,5	34,5	20,4	18,9
t° de l'air à à + 10 cm ..	16,8	24,8	28,9	19,7	17,5
H.R. de l'air à + 10 cm	24,5	40,5	14,5	27,5	31,9

TABLEAU XV

Température du sable en hiver
(Grand Erg Occidental à Béni Abbès)

(Obs. du 13 janvier 1950, en ° C)

Profondeur (en cm)	6 h 30	10 h	15 h	20 h	01 h
0 (0,5)	5,0	20,1	22,1	7,5	3,4
5	8,5	13,3	19,2	13,2	8,9
10	10,9	13,1	16,1	14,5	11,9
20	13,3	14,3	16,0	14,0	14,5
30	14,6	14,6	14,6	13,6	15,9
40'	14,6	14,8	15,1	14,5	15,6
50	14,9	16,2	14,8	15,0	16,1
Sable sous une pierre	—	14,5	16,5	10,6	9,0
t° de l'air à à + 10 cm ..	6,3	15,3	15,2	9,9	5,0
H.R. de l'air à + 10 cm ¹ ..	82,0	52,0	38,5	58,0	89,0

(1) Les chiffres très élevés d'humidité relative obtenus ici résultent de pluies récentes. Il y a donc lieu de ne pas trop en tenir compte.

de même que les valeurs excessives observées en surface, puisque, à 15 h 00, la température qui atteint 46°,5 C dans la première couche n'est plus que de 33°,9 C 10 cm plus bas.

Sous une pierre, le sable atteint 33°,5 C dans son maximum.

2. La température du sable en été

(Grand Erg Occidental à Béni Abbès, obs. du 15 juillet 1949, Tabl. XIII, fig. 29 B).

La température est comprise le jour, dans la couche superficielle, entre 24,5 et 57°,5 C. A 10 h 00, elle atteint déjà 55°,5 C. Elle se situe la nuit entre 33,5 (début de la nuit) et 24°,5 C (fin). L'écart quotidien est de 33° C le jour et, la nuit, de 9° C. A 30 cm de profondeur, la température est comprise entre 33 et 37° C; elle est à peu près uniforme à 50 cm de profondeur et atteint là près de 33° C. L'onde thermique qui prend naissance en surface pénètre donc un peu plus profondément en cette saison.

La température du sable retenu sous une pierre n'a pas été enregistrée.

3. La température du sable en automne

(Grand Erg Occidental à Béni Abbès, obs. du 21 octobre 1949, Tabl. XIV, fig. 29 C).

Comprise le jour entre 13,1 et 43°,1 C et, la nuit, entre 18,2 et 15°,3 C, la température de la couche de surface accuse encore des écarts diurnes atteignant 30° C, écarts qui ne dépassent guère 5° C la nuit. A 30 cm, elle est à peu près uniforme, se situant entre 27 et 28° C environ. A 15 h 00, atteignant 43°,1 C en surface, elle est encore de 31°,5 C à 10 cm.

Sous une pierre, la température du sable ne dépasse pas 34°,5 C.

4. La température du sable en hiver

(Grand Erg Occidental à Béni Abbès, obs. du 13 janvier 1950, Tabl. XV, fig. 29 D).

En cette saison, la température du sable est excessivement basse. Elle est comprise le jour, à la surface, dans notre observation, entre 5,0 et 22°,1 C et, la nuit, entre 7,5 et 4 ou 5° C.

La température est encore très uniforme dès que l'on atteint une profondeur de 30 cm, celle-ci étant comprise entre 14 et 16° C environ.

Sous une pierre, la température du sable ne dépasse pas en surface 16°,5 C.

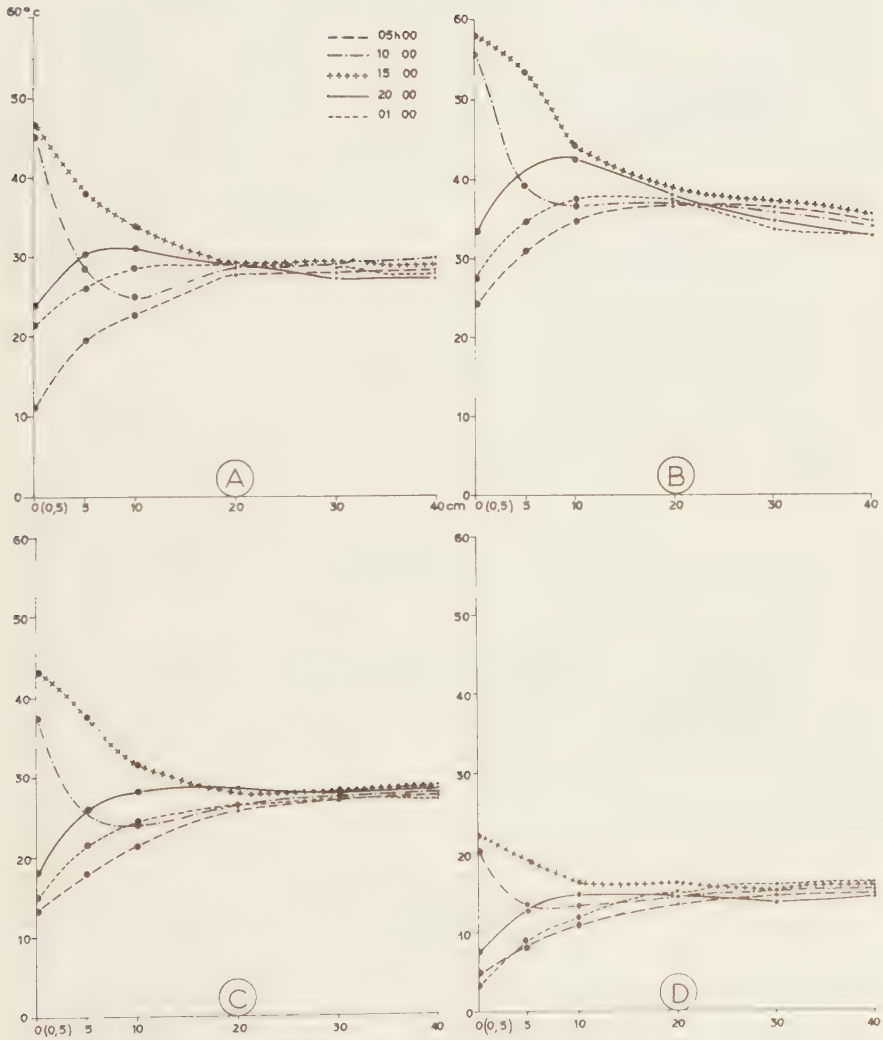


FIG. 29. — La température du sable.
A, au printemps; B, en été; C, en automne; D, en hiver.

3. LA TEMPÉRATURE DU SABLE APRÈS LA PLUIE

Si la zone imbibée demeure près de la surface, le sable accuse une température considérablement plus basse que celle qui s'observe dans un sable sec (fig. 30). Mais le phénomène est exceptionnel et aucun peuplement propre à ces conditions très temporaires ne s'observe.

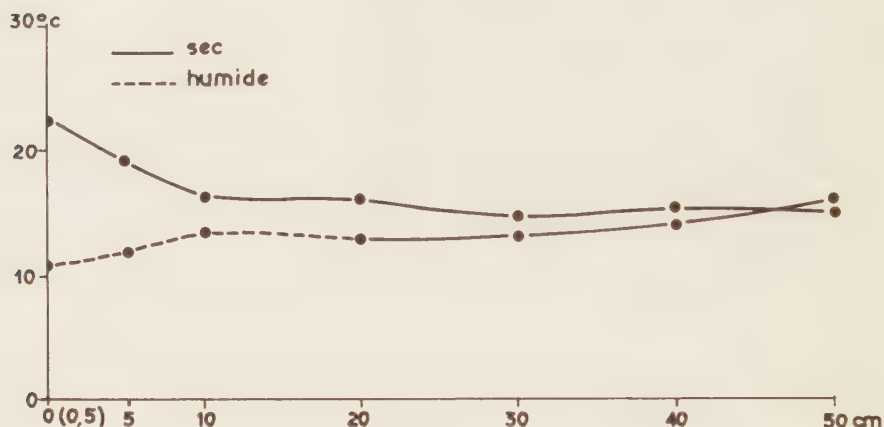


FIG. 30. — La température du sable après la pluie.

A titre de simple document, seront donnés les quelques chiffres ci-après qui peuvent être comparés à ceux obtenus dans du sable sec, donnés parallèlement :

Grand Erg Occidental à Béni Abbès le 13 janvier 1950,

<i>Prof.</i>	<i>Sable sec</i>	<i>Sable mouillé</i>
0 cm (0,5)	22°,1 C	10,8
5	19,2	11,8
10	16,1	13,3
20	16,0	12,5
		<i>Sable sec</i>
30	14,6	12,9
40	15,1	13,8
50	14,8	15,8

Au-dessous de la couche mouillée, le sable atteint très vite une température comparable à celle d'un sable uniformément sec.

4. REMARQUES GÉNÉRALES CONCERNANT LA TEMPÉRATURE DU SABLE

1. On a bien souvent attiré l'attention sur l'*inertie thermique* des sols nus : R. CHAPMAN et Coll. (1926), R. KROGERUS (1932), R. GEIGER (1942), R. CHAUVIN et J. d'AGUILAR (1946), C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE (1951), parmi les travaux récents. Je ne m'étendrai pas sur la nature même du phénomène¹ rappelant simplement que la *faible conductibilité thermique du sable* en est à l'origine. Les sables du désert sont un excellent exemple de ce type de sols, le plus caractéristique peut-être.

Cependant, si les températures élevées que l'on observe à la surface du sable ne pénètrent pas profondément, pas plus d'ailleurs que

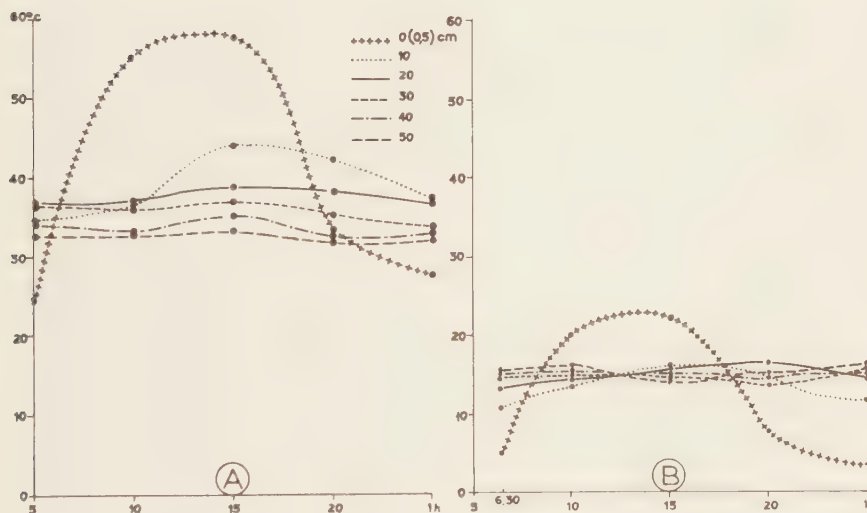


Fig. 31. — La température du sable :
propagation de l'onde thermique quotidienne. A, en saison chaude ;
B, en saison froide.

le refroidissement brutal qui apparaît à la tombée de la nuit, ainsi que nous venons de le voir, une onde thermique quotidienne de faible ampleur n'en prend pas moins naissance à la surface du sable. Elle se propage jusqu'à une cinquantaine de cm, que ce soit en saison chaude ou en saison froide, et atteint la profondeur avec un certain retard (fig. 31, 33).

(1) Voir à ce sujet P. SELTZER (1936).

Ce retard que l'on observe dans la pénétration de l'onde thermique n'est peut-être pas sans rapport avec les mouvements verticaux de la faune sabulicole.

2. L. A. RAMDAS et M. K. PARANJPE (1936) ont montré un fait extrêmement intéressant : lorsque la température d'un corps est en surface de 87°,5 C, dans l'air à 1 mm de ce point, celle-ci n'est plus que de 56°,5 C.

Certains auteurs, dans un rapprochement entre *cette expérience* et le climat au sol dans les déserts au moment du maximum, ont fort justement conclu que les *Pimelia*, Coléoptères de forte taille, à pattes assez longues, et certaines Fourmis de taille considérablement plus petite, se trouvaient alors dans des conditions climatiques fort différentes.

Nous verrons au cours de cette étude ce qu'il y a lieu finalement de retenir de ceci. Précisons néanmoins déjà :

1° Que si la dune atteint parfois en surface des températures considérables, celles-ci sont inférieures de beaucoup à celles de l'expérience des auteurs précédemment cités, ne dépassant généralement pas 70° C. Ces températures sont même en réalité rarement atteintes au Sahara, sauf peut-être sur des pentes convenablement orientées, pendant l'heure la plus chaude et au cœur de l'été. La faune est alors excessivement rare sur le sable de la dune et si quelques Fourmis peuvent y être rencontrées ce ne sera pas pendant le bref instant des *maxima*.

2° Que l'air au niveau du sol est le plus souvent en mouvement (mouvements horizontaux, parfois une légère brise) et, que, de ce fait, les toutes premières couches de l'atmosphère révèlent des différences nettement plus importantes (voir p. 226).

3. En ce qui concerne la température du sable et les écarts saisonniers à 1 m de profondeur, nous notons à Béni Abbès, dans les dunes de la Ksiba, les valeurs suivantes :

	<i>Températures</i>	<i>Ecart</i> s
Printemps (30 avril 1950)	22,8° C	4,6° C
Été (28 juillet 1949)	29,4	6,6
Automne (22 septembre 1949)	28,9	0,5
Hiver (18 décembre 1949)	18,2	10,7
Amplitude annuelle à 1 m de profondeur		11,2

Plus profondément, la température augmente encore (fig. 32) car la température des sources est comprise à Béni Abbès entre 25 et 26° C.

Enfin, nous mentionnerons certaines amplitudes thermiques

annuelles observées en différents points du sable à Béni Abbès, pendant l'année 1949-1950 :

A 0 cm (0,5), entre 14 et 15 h (maximum)	35,4° C
A 0 cm (0,5), au lever du soleil (minimum)	19,5
A 50 cm, au lever du soleil	17,8
A 100 cm	11,2

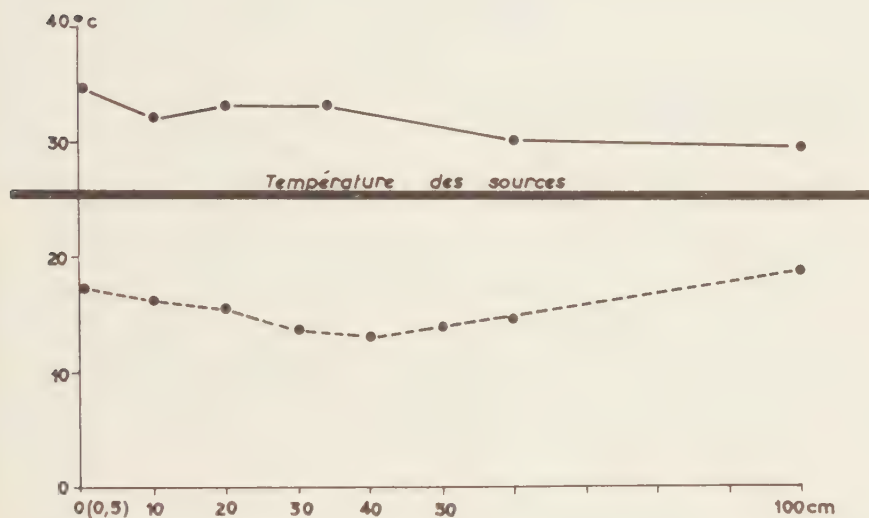


FIG. 32. — La température du sable dans la profondeur d'une nebka à *Tamarix aphylla* L. (10 h. 00).
 Trait plein : en saison chaude; trait interrompu : en saison froide.

Un rythme thermique saisonnier est donc encore sensible dans les sables vifs au niveau des biotopes les plus profonds, alors que dans les sols où se développe une végétation d'une certaine densité, celui-ci n'est plus perceptible, de nombreux auteurs nous l'ont montré (*in* C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE, 1951).

5. L'HUMIDITÉ RELATIVE DE L'ATMOSPHÈRE INTERNE DU SABLE

L'humidité relative, contrairement à ce que l'on pourrait supposer, atteint souvent dans le sable sec des valeurs importantes.

Techniques. — Un hygromètre enregistreur de type classique est enterré dans la dune successivement à des profondeurs différentes

pendant une semaine, protégé par un dispositif permettant une large communication avec le sable. Ces observations ont été effectuées en juillet 1949, période la plus sèche de l'année¹.

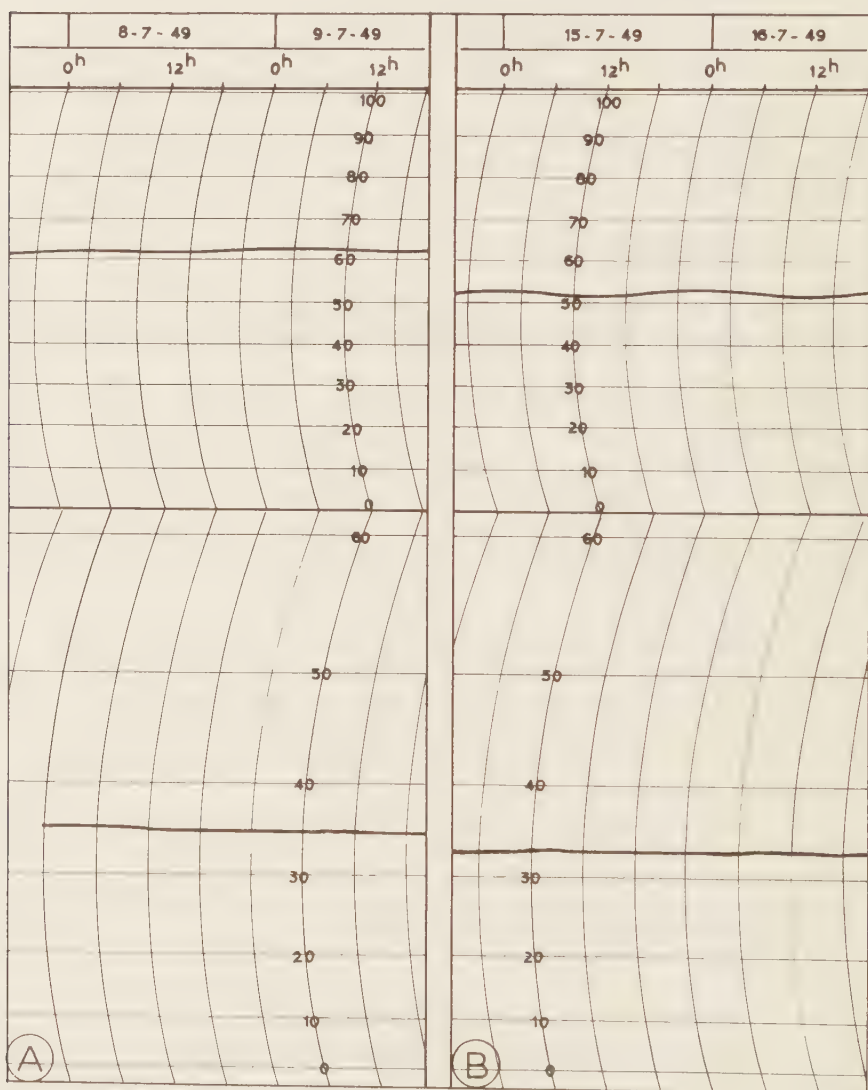


FIG. 33. — L'humidité relative de l'atmosphère interne du sable, et, en bas, la température (en saison chaude)
A, à — 70 cm; B, à — 50 cm. (° C et %).

(1) Signalons que pour des mesures plus précises dans la masse même du sable ou dans des cavités de très petites dimensions, la méthode conçue par E. T. NIELSEN et H. M. THAMDRUP (1939) pourrait être employée.

Sur les courbes reproduites partiellement fig. 33, nous remarquons d'abord que l'humidité relative est très uniforme. Elle se traduit sur le diagramme par une droite horizontale, qui accuse, dès que l'équilibre est rétabli dans la masse sableuse, les valeurs ci-après :

a) 62 % sur la courbe du 4 au 10 juillet 1949 enregistrée dans une dune du Grand Erg Occidental, à Béni Abbès, la partie sensible de l'appareil étant située dans le sable sec à 70 cm de la surface de la dune et à 10 cm au-dessus de la couche de sable humide. Les écarts journaliers qui apparaissent ne sont que de 1 à 2 % et semblent en rapport avec l'onde thermique qui se fait encore faiblement sentir à ce niveau.

b) 51 % sur la courbe du 11 au 17 juillet 1949 enregistrée au même point, mais la partie sensible de l'appareil se trouvant située, également dans le sable sec, à 50 cm de la surface et à 30 cm de la couche humide. Les écarts journaliers sont à peine mieux marqués.

A titre de référence sont en outre données :

a) Pour l'observation du 4 au 10 juillet 1949 : la courbe des températures du sable à — 70 cm, également une droite horizontale.

b) Pour l'observation du 11 au 17 juillet 1949 : la courbe des températures à — 50 cm, de même aspect.

L'humidité relative de l'atmosphère interne du sable se révèle, ainsi que nous le voyons, très notable et aussi fort constante, aucune fluctuation journalière importante n'apparaissant sur nos deux courbes.

*

L'endoclimat du sable, progressivement plus tempéré et plus stable vers la profondeur, est encore caractérisé dans l'ensemble par une grande uniformité. Cette uniformité est pourtant rompue en certains points par des microclimats, parfois très particuliers, qui vont être maintenant définis.

CHAPITRE IV

LES MICROCLIMATS DU SABLE

Si dans la plupart des édifices le sable forme un biotope aux larges frontières, dans de nombreux cas il est possible de noter à l'intérieur même de l'ensemble, des milieux beaucoup moins étendus, que caractérise d'abord un microclimat propre.

Dans les sables du Sahara Nord-Occidental trois principaux groupes de milieux peuvent être ainsi distingués : 1) le sable en contact avec les végétaux ; 2) le sable retenu sous les pierres ; 3) le sable des cavités souterraines.

Nous verrons aussi à ce chapitre combien les sables bordant les points d'eau diffèrent des sables vifs par quelques données succinctement rapportées.

1. LES MICROCLIMATS DU SABLE A PROXIMITÉ DES VÉGÉTAUX

1. Les ergs

1. **La surface du sable.** — L'ombre de certains végétaux, tels que parmi les principaux : *Tamarix gallica* L., *T. aphylla* L., *Ephedra alata* Dec., *Retama ractam* Webb., *Euphorbia Gayoniana* Boiss. et Reut., *Aristida pungens* Desf., *Cornulata monacantha* Del., bien que très légère, modifie assez profondément dans certains cas la température à la surface du sable.

Ainsi, si nous comparons la température du sable en surface dans une touffe de *Tamarix aphylla* L. des dunes de la Ksiba à Béni Abbès avec celle du sable pris en dehors de la touffe, des différences importantes apparaissent :

	Touffe	En dehors	Diffé- rence
30 avril 1950 à 12 h.	23,8° C	41,0° C	17,2° C
28 juillet 1949 à 10 h.	34,4	44,2	9,8
28 septembre 1949 à 10 h.	30,0	46,7	16,7
18 décembre 1949 à 16 h.	17,2	24,8	7,6

L'humidité relative de l'air à la surface du sable, au même titre d'ailleurs que la température, est par contre sensiblement d'égale valeur sous la touffe et en dehors de celle-ci, sauf peut-être au point

de contact de la tige et du sable, dans les premiers millimètres, où la faune terricole et la faune phytophile (non ou peu fouisseuse) se réfugient souvent, trouvant probablement là une humidité plus importante et une température plus basse que dans les sables hors de la proximité du végétal :

Touffe de *Tamarix aphylla* L., dunes de la Ksiba à Béni Abbès, le 1^{er} septembre 1949 à 15 h.

	Touffe	En dehors	Différence
Température de l'air à 10 cm	36,5° C	38,4° C	1,9° C
Humidité relative de l'air à 10 cm ..	17 %	12 %	5 %

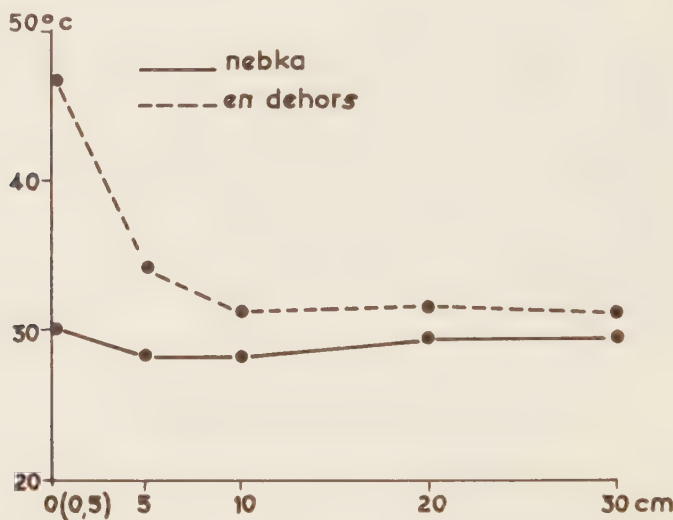


FIG. 34. — La température du sable dans une nebkha à *Tamarix aphylla* L. et en dehors de celle-ci (22-9-49 à 10 h 00).

2. **La profondeur du sable.** — Les températures qui s'observent dans un sable où croît une touffe de végétation sont, jusqu'à une certaine profondeur, assez différentes de celles que l'on note en dehors de la touffe :

Touffe de *Tamarix aphylla* L., dunes de la Ksiba à Béni Abbès le 22 septembre 1949 à 10 h.

Profondeur	Touffe	En dehors	Différence
0 (0,5) cm	30,0° C	46,7° C	16,7° C
5	28,1	34,1	6,0
10	28,2	31,3	3,1
20	29,5	31,8	2,3
30	29,8	31,2	1,4

A partir d'une certaine profondeur, 30 cm environ, les tempéra-

tures sont sensiblement les mêmes dans la touffe et en dehors de celle-ci (fig. 34).

L'humidité relative de l'air du sol est certainement aussi plus élevée dans la touffe, le sable étant très souvent visiblement humide, même à une faible profondeur, nous en aurons la confirmation au chapitre suivant. Il est bien évident qu'en outre, dans ce cas, l'évaporation est considérablement freinée et que, de surcroît, s'ajoute l'eau de transpiration des végétaux (voir chapitre précédent).

2. Les sables isolés

Les sables isolés : nappes sableuses colmatant le fond d'une dépression, les petites dunes disséminées çà et là, les buttes se formant au pied des végétaux, révèlent des microclimats différents des précédents, le substrat maintenant souvent une humidité appréciable peu profonde. La végétation peut aussi apporter à ces milieux un peu d'eau.

La température est très comparable à celle qui peut être enregistrée dans les cas précédents lorsque l'édifice est important. P. QUÈZEL (1954) pense toutefois que les très petites dunes ont un régime thermique particulier, certainement plus chaud que celui des grands ensembles.

2. LES MICROCLIMATS DU SABLE DES CAVITÉS SOUTERRAINES

Les sables des cavités souterraines, des sables éoliens apportés du dehors (grottes, éboulis, fentes de rochers), les parois des cavités mêmes (terriers de rongeurs, fourmilières, termitières), ont un climat très spécial, les premiers surtout.

1. Les sables des grottes et des cavités rocheuses

La grotte saharienne peut être une grotte humide du type de celle qui abrite l'Aïn Hamman, petite résurgence affluent rive gauche de la Saoura à Mazzer, ou bien une grotte sèche comme celle de la Gara Diba à Béni Abbès.

La *grotte humide* est rare au Sahara et les sables vifs ne peuvent s'y maintenir. Nous mentionnerons cependant, à titre de simple référence, quelques données climatiques notées à la grotte de l'Aïn Hamman à Mazzer, le 3 septembre 1949 à 14 h.

a) *Au fond :*

Température de l'air	26,3° C
Humidité relative de l'air	81 %

b) *A l'entrée :*

Température de l'air	27,2° C
Humidité relative de l'air	44 %

Les températures sont du même ordre de grandeur que celles des sources du secteur.

La *grotte sèche* est aussi peu fréquente, mais les petites cavités rocheuses qui écologiquement peuvent lui être rattachées, elles, ne sont pas rares.

La grotte de la Gara Diba, à Béni Abbès, ouverte dans les falaises qui surplombent l'Oued Saoura, est encombrée de sables éoliens qui pénètrent par des cheminées verticales débouchant dans des éboulis au sommet de la falaise.

Le microclimat de ces sables, le climat de la grotte elle-même, est caractérisé par une certaine uniformité thermique et hygrométrique, les écarts quotidiens n'atteignant pas une unité.

Dans l'année, la température de l'air à 10 cm du sol, identique à celle du sol en surface, ne varie que de 15° C et l'humidité relative de l'air que de 10 %.

J'ai enregistré (fig. 35), suivant les techniques rapportées au chapitre II, mais sans abri, les données principales du microclimat au sol, à la surface du sable, dans la partie moyenne de la grotte, en hiver et en été. Sur ces graphiques nous pouvons constater :

1. En *saison froide* (Obs. du 30 janv. au 3 fév.) : 1° que la courbe des températures de l'air à 10 cm au-dessus du sable est une droite horizontale qui s'établit vers 15° C, alors qu'à la station de base à 2 m, sur la hamada, les écarts quotidiens atteignent près de 15° C, la température étant comprise entre 3 et 18° C ; la courbe des températures en surface se superposant à celle de l'air à 10 cm ;

2° que la courbe d'humidité relative de l'air à 10 cm du sable, également une droite horizontale, s'établit vers 38 % et n'accuse que des variations de 2 à 3 %, tandis qu'à la station de base à 2 m, sur la hamada, l'humidité relative de l'air est comprise chaque jour à cette époque entre 25 et 50 %, montrant ainsi des écarts quotidiens de 25 %.

2. En *saison chaude* (Obs. du 16 au 21 août 1949) : 1° que la courbe des températures de l'air à 10 cm au-dessus du sable est toujours une droite horizontale d'une valeur de 30° C, dont les oscillations quotidiennes, comme précédemment, ne dépassent pas un à deux degrés C ; alors qu'à 2 m à la station, la température est comprise chaque jour entre 30 et 40° C environ, soit des écarts quotidiens de l'ordre de 10° C ; la courbe des températures du sable en surface se superpose, là encore, exactement à la courbe de l'air à 10 cm ;

2° que la courbe d'humidité relative de l'air à 10 cm au-dessus du sable est aussi une droite horizontale d'une valeur de 25 %, n'accusant chaque jour que des variations de un ou deux pour cent,

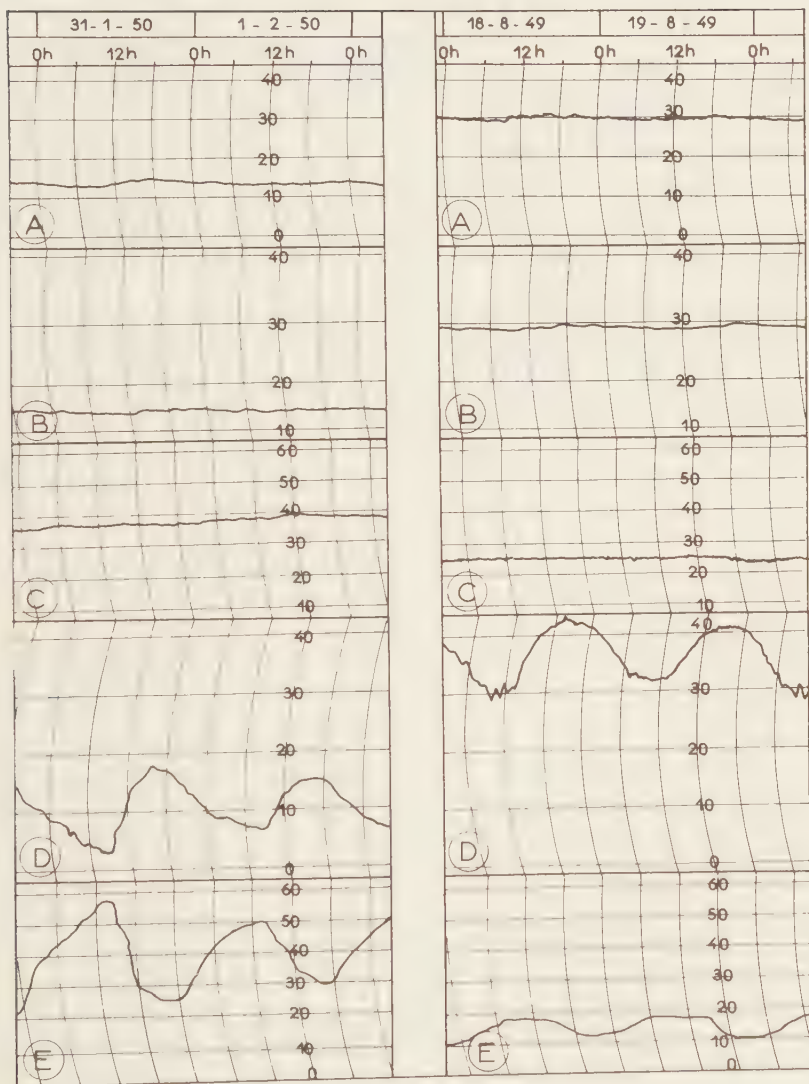


FIG. 35. — Le climat au sol de la grotte de la Gara Diba à Béni Abbès.
 A gauche : en saison froide; à droite : en saison chaude. A, température de l'air; B, température du sol en surface; C, humidité relative de l'air; D et E température et humidité relative à l'extérieur (au point de base à 2 m). ($^{\circ}\text{C}$ et %).

alors que l'enregistrement effectué à la station nous montre des chiffres quotidiens compris entre 10 et 20 % environ, soit des écarts journaliers de 10 %.

Le climat de la grotte saharienne sèche ne saurait être cependant comparé à celui de la grotte classique à troglobies des régions humides, où ne s'observe aucun écart saisonnier et où l'humidité atmosphérique est constamment à saturation.

2. Le sable sous les pierres

A la surface des hamadas et dans les djebels, parfois en bordure des ergs, les pierres peuvent retenir du sable. Elles constituent dans quelques cas, soit un réel biotope, soit un refuge occasionnel pour les sabulicoles de pleine dune.

Quelques indications ont été données au chapitre précédent en ce qui concerne la température, examinée parallèlement à celle du

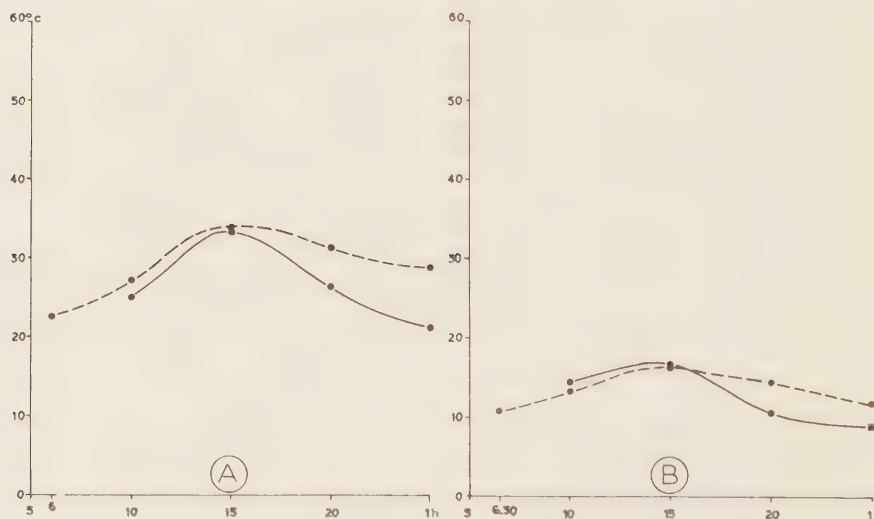


FIG. 36. — La température du sable sous une pierre reposant sur la hamada.
En trait interrompu : la température du sable à — 10 cm.
A, en saison chaude ; B, en saison froide.

sable. Sous la pierre même, la courbe (fig. 36) a une allure comparable à celle du sable à 10 cm, mais les écarts quotidiens s'y trouvent considérablement atténués.

3. Les terriers de rongeurs

Creusés dans le sable même, les terriers de Rongeurs, biotopes de quelques Insectes sabulicoles propres, au Sahara, à ce milieu, ont un microclimat assez analogue à celui de la masse même du sable.

Nous emprunterons à F. PETTER (1952) les quelques renseignements suivants concernant des sables de l'Oued Saoura à Ouaraourout près de Béni Abbès :

Température, le 27 mars 1952 :

Dans le terrier à 1 m de profondeur .. comprise entre 23 et 25° C
A l'extérieur » » 20 et 35° C.

Humidité relative, les 26-27 mars 1952 :

Dans le terrier selon la profondeur .. comprise entre 50 et 80 %
A l'extérieur » » 5 et 60 %.

Notons encore, toujours suivant cet auteur, que l'humidité relative peut dans certains cas être inférieure à 50 % (à la suite des fluctuations de la nappe par exemple); mais il s'agit généralement de terriers abandonnés et la faune entomologique y est alors assez pauvre.

4. Les fourmilières et les termitières

Dans les fourmilières et dans les termitières, la température est aussi généralement assez voisine de celle de la masse même du sable pris à cette profondeur.

Quant à l'humidité relative de l'air des chambres profondes, il est bien évident que, nous référant au chapitre précédent, celle-ci est avant tout fonction de la proximité ou de l'éloignement des zones plus ou moins imbibées d'eau. Or, les lieux de séjour s'établissent en fonction d'une température déterminée, fonction elle-même d'une certaine profondeur mais où, par contre, l'humidité optimale n'est pas toujours obtenue.

Les minutieuses recherches de P.-P. GRASSÉ et C. NOIROT (1948) ont montré pour les termitières des sables du Sahara (*Psammodromus hybostoma* Desn.), comment, par absorption, « transport » et regurgitation à partir d'eau prélevée au niveau de la nappe aquifère, parfois à une très grande profondeur, le degré optimum était maintenu aux étages supérieurs.

F. BERNARD (1951) a mis en évidence des faits comparables pour les fourmilières d'*Acantholepis frauenfeldi* Mayr., des sables de Mourzouk au Fezzan. L'insecte remonte de la profondeur des « boulettes » de sel, dont l'eau retenue par ce dernier contribue à entretenir un degré hygrométrique optimum dans les nids installés dans le sable sec de surface.

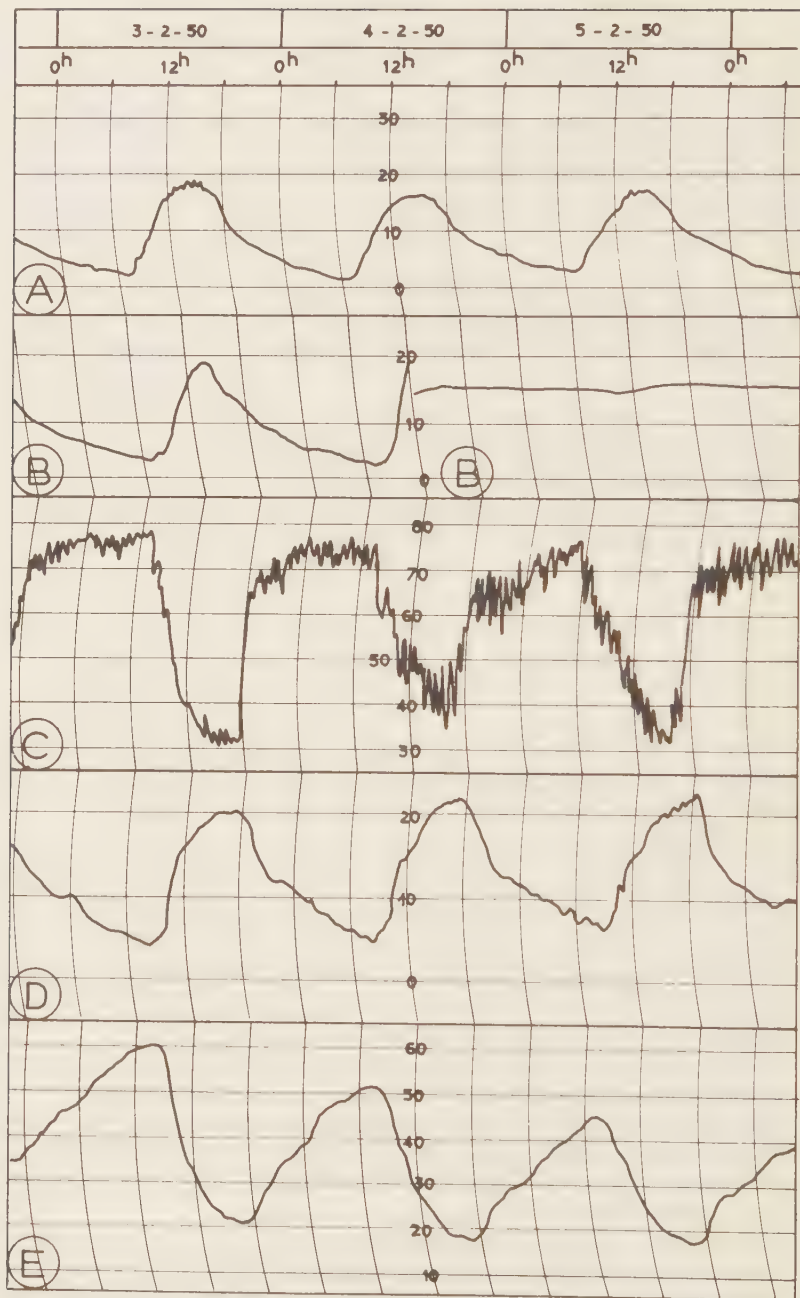


FIG. 37. — Le climat au sol des sables bordant les points d'eau.
 A, température de l'air; B, température du sol; B', température de l'eau à -80 cm; C, humidité relative de l'air; D, température et humidité relative de l'air au point de base à 2 m. ($^{\circ}$ C et %).

3. LES MICROCLIMATS DU SABLE BORDANT LES POINTS D'EAU

Afin de montrer combien ce milieu diffère de ceux retenus pour cette étude, nous rapportons à la fin de ce chapitre quelques observations relatives au climat des bords des gueltas de l'Oued Saoura à Béni Abbès où la teneur en eau du sable est en permanence très proche de la saturation.

Sur les courbes enregistrées du 2 au 5 février 1950 suivant les techniques mentionnées au chapitre II, nous voyons (fig. 37) :

1° Que la température journalière de l'air à 10 cm est comprise le jour entre 1 et 18° C, montrant ainsi des écarts quotidiens de 17° C. La température est donc nettement moins élevée au bord des gueltas qu'à la station de base à 2 m où elle se situe entre 5 et 20° C, les écarts n'étant par ailleurs que de 15° C.

La nuit, au bord des gueltas, cette température est comprise entre 7 et 1° C, alors qu'à la station de base, on note dans le même temps 15 et 5° C.

2° Que la température du sol en surface est sensiblement la même que celle de l'air à 10 cm.

3° Que l'humidité relative de l'air à 10 cm est comprise le jour entre 35 et 75 %.

La nuit, elle ne présente que de brèves variations, se maintenant en moyenne vers 75 %, alors qu'à la station de base à 2 m, l'humidité relative de l'air est comprise entre 20 et 50 %, cette dernière valeur n'étant seulement atteinte qu'en « pointe », vers le lever du soleil.



Malgré leur apparente uniformité climatique, les sables du désert peuvent donc être le siège de microclimats nettement différenciés.

LES FACTEURS ÉDAPHIQUES

Les propriétés physiques et chimiques du sable ont un rôle important dans la répartition des sabulicoles. La présence, par exemple, de telle ou telle forme entomologique à la périphérie des grands ensembles plutôt qu'à l'intérieur, de telle ou telle autre dans certains sables des djebels ou des hamadas et non dans d'autres, ne semble pouvoir trouver une explication que dans l'interprétation des facteurs édaphiques.

Les facteurs qui paraissent surtout avoir une part déterminante sont des facteurs physiques, concernant la texture même du sable. Parfois, mais plus rarement, des facteurs chimiques : présence dans le sable de matières organiques, de sels, etc... interviennent aussi. Ils sont cependant plus difficiles à mettre en évidence.

1. PRINCIPAUX TYPES DE SABLE

La composition minéralogique des sables du Sahara Nord-Occidental examinés ici simplement en tant que milieux biologiques ne varie guère d'un échantillon à l'autre. Ce sont des sables presque exclusivement formés de grains de quartz peu anguleux, souvent assez régulièrement arrondis et d'un diamètre toujours inférieur à un millimètre¹. Ils sont généralement dépourvus de matière organique évoluée et ne contiennent pas de calcaire. Le volume des vides, c'est-à-dire la capacité en air (ou en eau), est voisin de 40 %. Des débris végétaux peuvent être inclus au sable, ainsi d'ailleurs que des débris d'origine animale.

Les sables extra-sahariens, donnés à titre de comparaison, ne diffèrent des précédents que par la présence d'une certaine quantité de calcaire.

1. Sables sahariens

N° 1. *Grand Erg Occidental à Béni Abbès*. — Sable saharien typique, orangé, très caractéristique des grands ensembles du Nord-

(1) Il n'est pas tenu compte des minéraux autres que le quartz pouvant entrer par grains isolés dans la composition du sable.

Ouest ; il constitue le milieu classique des faunes de plein erg. L'étude de ce sable révèle une *phase sable*¹ voisine de 20 %, qui lui donne un aspect relativement grossier par rapport à ceux des petites formations où cette phase est généralement nulle. Il ne contient ni débris organiques ni calcaire.

N° 2. *Erg Iguidi à Boubout*. — Sable assez semblable au précédent bien que les points de prélèvement soient distants l'un de l'autre de 500 km. Pas de matières organiques. Non calcaire.

N° 3. *Djebel bet Tadjine, dunes isolées*. — Sable très fin, formé exclusivement d'une phase *sablon* où se remarque de surcroît une quantité notable de particules fines. Pas de débris organiques. Non calcaire.

N° 4. *Djebels d'Ougarta, sables isolés*. — Prélevés au Saheb Touil, long couloir dans les Djebels d'Ougarta, ces sables, saupoudrent entre les cailloux la surface de la roche. Ils constituent le biotope de formes très particulières. Sable très comparable au précédent. Il ne contient ni débris organiques ni calcaire.

N° 5. *Béni Abbès (Ksiba), butte à Tamarix, — 10 cm.* — Ce sable, parfaitement meuble, a été prélevé entre les rameaux d'un *Tamarix aphylla* L. Il diffère de l'échantillon n° 1 par sa phase sable beaucoup moins importante. D'infimes débris végétaux sont mêlés à ce sable, mais aucune trace de matière organique évoluée n'est décelable. Sable non calcaire.

N° 6. *Béni Abbès (Ksiba), butte à Tamarix, — 80 cm.* — Prélevé au même point, mais en profondeur, ce sable est tout à fait semblable au précédent. Malgré une teneur en eau de 4,2 % au moment du prélèvement, le 30 avril 1950, il ne contient, en plus de quelques fragments végétaux, que des traces de matières organiques évoluées. Non calcaire.

N° 7. *Béni Abbès, dunes de l'Oued Saoura*. — Le sable de ces dunes, des dunes jeunes s'édifiant à proximité du Grand Erg Occidental, diffère peu, ainsi que l'on s'y attendait, de celui du grand ensemble voisin si ce n'est par un pourcentage moindre de gros grains. Sans débris organiques ni calcaire.

N° 8. *Béni Abbès, sable de la grotte de la Gara Diba*. — Les

(1) J. BOURCART (1941), dans une classification des sédiments meubles, divise les *sables*, matériaux dont le diamètre moyen des grains est compris entre 2 et 0,02 mm, en : 1) *sable* : diamètre moyen des grains compris entre 2 et 0,2 mm ; 2) *sablon* : diamètre moyen des grains compris entre 0,2 et 0,02 mm. Les matériaux meubles dont le diamètre moyen de particules est compris entre 0,02 et 0,001 mm entrent dans une autre classe : la classe des *poudres*, dont il ne sera pas tenu compte ici, nos sables en étant pratiquement dépourvus.

sables sont uniquement formés ici d'une phase sablon, dans laquelle entre une assez forte proportion d'éléments fins (4,3 %). De nombreux débris organiques sont mêlés au sable. Quelques traces de CO_3Ca provenant des parois de la grotte.

2. Sables non sahariens

N° 1. *Littoral du Sous, dunes d'Agadir (Maroc Sud-Occidental)*. — Sable de dunes vives, exclusivement composé de grains de diamètre moyen compris entre 0,25 et 0,1 mm. La phase sable est nulle et les éléments fins inexistantes. Sable sans matière organique et non calcaire.

N° 2. *Continental du Sous, sable de la Forêt d'Ademine (Maroc Sud-Occidental)*. — La forêt d'Ademine est une arganeraie (*Argania spinosa* L.). De jeunes Arganiers buissonnants et *Rhus tripartitum* Ucr., qui leur est associé, retiennent fréquemment le sable. Ces sables constituent des amoncellements s'échelonnant de la simple nappe sablonneuse peu étendue à la dune plus ou moins volumineuse. L'échantillon étudié a été prélevé à 30 km environ du précédent, c'est-à-dire du littoral. Faibles traces de matières organiques. Sable calcaire. Phase sable, là également, pratiquement nulle. Les éléments fins de la phase sablon sont par contre abondants (3,8 %).

N° 3. *Oranie littorale, dunes d'Aïn el Turck (Algérie)*. — Ce sable a une granulométrie assez voisine de celle des sables d'ergs (n°s 1 et 2). Il ne contient pas de matière organique. Assez fortement calcaire.

2. FACTEURS PHYSIQUES

Le plus important est incontestablement le facteur *granulométrie*, car c'est bien lui, semble-t-il, qui régit la plupart des propriétés physiques du sable : volume des vides (capacité en air, éventuellement en eau), rigidité, cohésion, mobilité, pour les points qui nous intéressent. Le comportement des sabulicoles est étroitement en rapport avec tous ces facteurs.

1. Granulométrie

Les sables dunaires sont presque toujours des sables fins. Les éléments qui les composent ont un diamètre généralement inférieur à 1 mm. Comme la plupart des matériaux éoliens, un pourcentage élevé de grains de même dimension les caractérise d'abord. Ce sont donc des sables du type *monodispersé*, s'opposant en cela aux sables fluviaux et marins du type *polydispersé*, lesquels sont formés d'éléments de dimensions fort variées.

TABLEAU XVI

**Granulométrie et volume des vides des principaux types
de sables du Sahara Nord-Occidental**

Origine	Granulométrie							Vol. vides %
	> 1 mm %	1-0,5 mm %	0,5-0,25 mm %	0,25-0,1 mm %	< 0,1 mm %	Sable %	Sablon %	
1. SABLES SAHARIENS 1								
N° 1 Grand Erg Occ. Béni Abbès	0,0	0,1	16,5	82,2	1,2	16,6	83,4	38
N° 2 Erg Iguidi Boubout	0,0	2,2	18,7	78,6	0,5	20,9	79,1	37
N° 3 Dj. bet Tadjine Dunes isolées	0,0	0,0	0,1	97,7	2,2	0,1	99,9	40
N° 4 Dj. d'Ougarta Sables isolés	0,0	0,3	0,2	85,0	14,5	0,5	99,5	41
N° 5 Béni Abbès Butte à T.-10 ^{cm}	0,0	0,1	2,1	95,1	2,7	3,2	97,8	39
N° 6 Béni Abbès Butte à T.-80 ^{cm}	0,0	0,0	3,0	95,0	2,0	3,0	97,0	39
N° 7 Béni Abbès O. Saoura	0,0	0,1	10,2	87,3	2,4	10,3	89,7	38
N° 8 Béni Abbès Grotte Diba	0,0	0,2	0,7	94,8	4,3	0,9	99,1	40
2. SABLES NON SAHARIENS								
N° 1 L. du Sous Dunes d'Agadir	0,0	0,0	0,4	99,5	0,1	0,4	99,6	38
N° 2 C. du Sous Ft. d'Ademine	0,0	0,0	0,9	95,3	3,8	0,6	99,1	39
N° 3 Oranie littorale Aïn el Turck	0,0	0,0	14,3	85,6	0,1	14,3	85,7	38

1. Les sables, non sahariens, du Sous littoral, du Sous continental (Maroc Sud-Occ.) et de l'Oranie littorale (Algérie) sont donnés aux fins de comparaison.

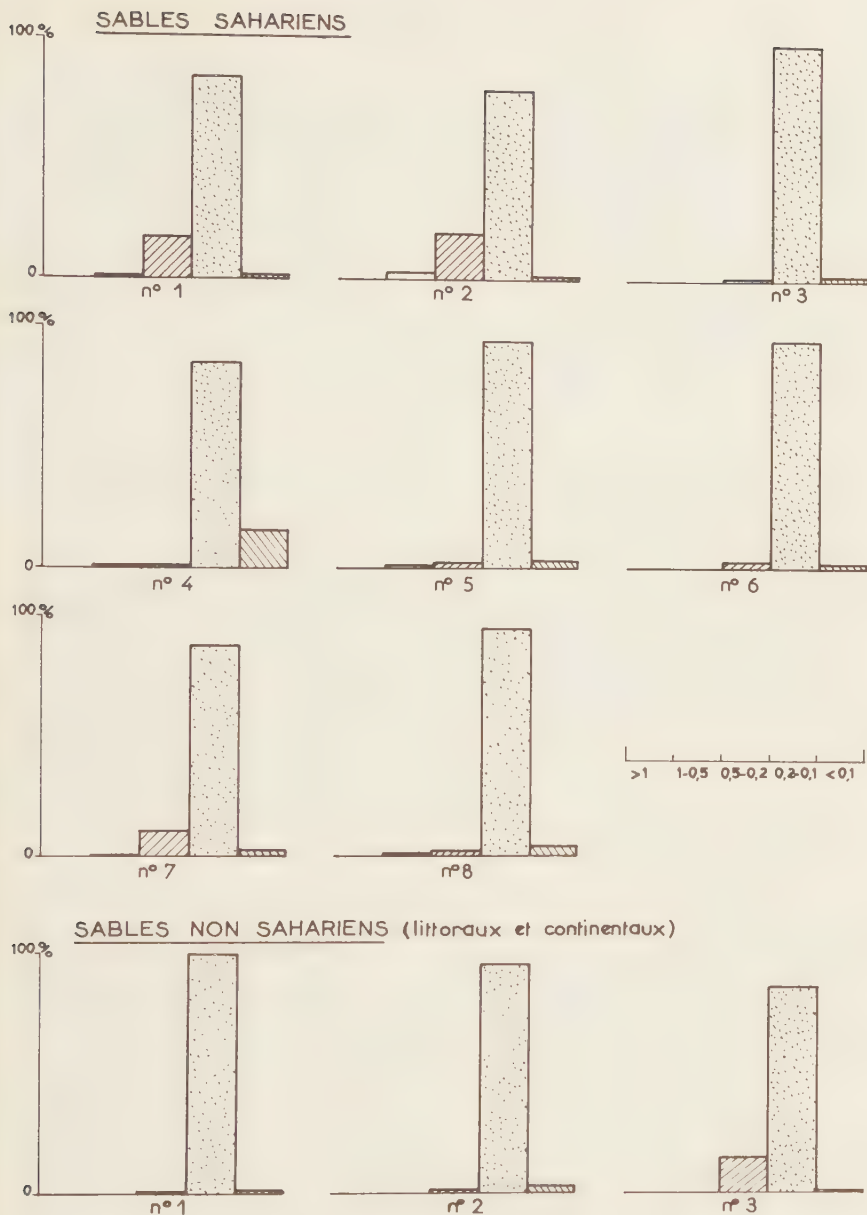


FIG. 38. — Granulométrie.

Sables sahariens :

N° 1, Grand Erg Occ. à Béni Abbès; n° 2, Erg Iguidi à Boubout; n° 3, Djebel bet Tadjine (dunes isolées); n° 4, Djebels d'Ougarta, sables isolés; n° 5, Béni Abbès, butte à *Tamarix*, — 10 cm; n° 6, *idem*, — 80 cm; n° 7, Béni Abbès, dunes de l'Oued Saoura; n° 8, Béni Abbès, sable de la grotte de la Gara Diba.

Sables non sahariens :

N° 1, Littoral du Sous, dunes d'Agadir (Maroc S. Occ.); n° 2, Sous continental, sable de la Forêt d'Ademine (Maroc S. Occ.); n° 3, Oranie littorale, dunes d'Ain el Turck (Algérie).

Techniques. — L'analyse granulométrique de nos sables a été effectuée à l'aide de tamis (actionnés pendant 30 minutes par une « machine à secousses ») permettant d'isoler les grains de dimensions : > 1 ; compris entre 1 et 0,5; 0,5 et 0,25; 0,25 et 0,01; $< 0,1$ mm.

Les fractions ainsi obtenues sont exprimées en pour cent au tableau XVI, et traduites en rectangles proportionnels à la fig. 38.

Cette étude granulométrique met en lumière quelques faits d'une certaine importance.

a) En ce qui concerne les sables sahariens :

1. Deux sables, les échantillons n° 1 et 2, appartenant à des édifices comparables, montrent une granulométrie assez semblable bien que les prélèvements aient été effectués à plus de 500 km l'un de l'autre. Les édifices de même type sont donc constitués de sables analogues.

2. Les sables des petites formations isolées ont une granulométrie qui n'a guère de rapport avec celle des grands ensembles; les échantillons n°s 3 et 4, très différents l'un de l'autre bien que prélevés sur des édifices distants que de 150 km, sont considérablement plus fins que les sables précédents; l'échantillon n° 4 comprend en effet 14,5 % d'éléments inférieurs à 0,1 mm. Ces types de sable se retrouvent souvent à la périphérie des ergs, dans des dunes jeunes.

3. Les échantillons n° 5 et 6, prélevés l'un et l'autre au pied d'un *Tamarix aphylla* L. à des profondeurs respectivement de 10 et 80 cm ont une granulométrie sensiblement identique. Le triage éolien est donc assez constant dans le temps.

4. L'échantillon n° 7, sable d'une dune de l'Oued Saoura à quelques kilomètres du point de prélèvement du sable n° 1 est assez comparable à ce dernier.

5. Le sable n° 8, sable d'une grotte située à quelques centaines de mètres du point de prélèvement de l'échantillon n° 1, est, par contre, par sa forte proportion d'éléments fins, très différent.

b) Quant aux trois sables non-sahariens examinés aux fins de comparaison, leur granulométrie est dans certains cas assez voisine de celle des sables du désert. L'échantillon n° 3 notamment, sable dunaire de l'Oranie littorale, se compare parfaitement par sa granulométrie aux sables du Grand Erg Occidental.

La granulométrie du sable paraît donc être en rapport avec les types d'édifice.

2. Volume des vides

Le volume des vides correspond à la place qui peut être occupée dans le sable par l'air, par l'eau, ou quelquefois, par l'air et par l'eau

dans le même temps. Ici, le volume des vides a surtout pour but de nous renseigner sur la capacité en air du sable.

Nos sables étant presque exclusivement formés de grains de quartz, une densité $D = 2,6$ a été utilisée dans les calculs. Les résultats sont exprimés en pour cent du volume.

La valeur de ce facteur varie peu : les chiffres mentionnés au tableau XVI, sont compris entre 37 et 41 %, les chiffres les plus élevés se rapportant aux sables les plus fins (n° 3, 4 et 8).

Notons encore que la *porosité*, facteur qui, fait regrettable, ne peut être convenablement évalué qu'au laboratoire et sur un échantillon non remanié, est en rapport étroit avec le *volume des vides*.

3. Teneur en eau

Le problème de l'eau ayant été déjà étudié plus haut (ch. III), nous noterons simplement que la teneur en eau est habituellement comprise entre les quantités à peine mesurables qui apparaissent temporairement en surface et celles, très uniformes, pouvant être observées dans la masse du sable à proximité des noyaux humides dont nous avons retracé l'histoire. Cette teneur en eau est habituellement voisine de 4 %, par rapport au poids sec, au niveau des biotopes les plus humides et les plus profonds.

Les chiffres enregistrés parallèlement au peuplement seront mentionnés dans la seconde partie de ce texte.

4. Rigidité

La rigidité, facteur encore mal connu, excessivement complexe, de définition et d'évaluation peu commodes, a incontestablement dans nos sables un rôle écologique de premier plan.

L'exposé de sa théorie n'a pas sa place ici (cf. B. BRAJNIKOV, C. FRANCIS-BOEUF et V. ROMANOVSKY, 1943), mais, néanmoins, sous l'angle écologique, la définition suivante peut en être donnée :

Les forces résultant de la densité, des dimensions, de la forme, de l'arrangement et du frottement des particules qui composent un sable, s'opposent à la force de pénétration (mouvements et progression) d'un fouisseur à l'intérieur de ce sable.

En outre, ici, il doit être tenu compte de la *cohésion*, facteur difficilement séparable de la *rigidité*.

Il est bien évident que cette notion de *rigidité* ne s'applique qu'aux vrais « fouisseurs », s'opposant aux « mineurs », à propos desquels la notion de *cohésion* serait plus appropriée, ainsi que nous le montrera la seconde partie lorsqu'il y aura lieu à propos de comportement de préciser ces termes (Part. II, ch. IV).

Le facteur rigidité peut être évalué à l'aide d'un « rigidimètre » tel que celui récemment conçu par les auteurs précités. Mais ce type d'appareil, utilisable qu'au laboratoire, ne nous est d'aucune aide dans le cas présent, car la rigidité d'un sable dès qu'il est remanié se trouve considérablement modifiée.

Quant aux dynamomètres classiques parfois utilisés par les botanistes, leur emploi doit être également rejeté, l'appareil ne rendant que très imparfaitement compte des frottements internes en profondeur.

Il semble préférable pour l'instant, après avoir attiré l'attention sur ce point, de s'en tenir ainsi que nous l'avons dit, à la granulométrie qui régit en premier lieu la texture du sable.

3. FACTEURS CHIMIQUES

Dans les sols désertiques apparemment les plus privés de vie, C. KILLIAN et D. FEHER (1939) nous ont montré qu'une *phase active*, entretenue par une microfaune et une microflore rudimentaires, pouvait être décelée et qu'elle s'opposait à la *phase inerte*, son support.

Cette phase active est excessivement réduite dans la masse même des sables vifs et, en ce qui concerne la faune entomologique, peut être considérée comme nulle si nous nous référons aux dosages de *C* et de *N* et aussi d'*humus*, effectués sur des sables prélevés aux extrémités W et E du Grand Erg Occidental par les auteurs cités :

<i>Localités</i>	<i>N %</i>	<i>C %</i>	<i>Humus %</i>
—	—	—	—
Béni Abbès	0,017	0,059	0,03
El Goléa	0,006	0,039	0,01

Plus appréciables certes sont les matières organiques qui se forment au pied de la végétation. Nous ne possédons à ma connaissance aucun dosage se rapportant aux sables vifs sahariens. Nous pouvons néanmoins voir quel en est, dans les grandes lignes, le processus de formation.

1. Matières organiques

Les matières organiques demeurent habituellement liées à la plante dont elles sont issues et apparaissent dans la profondeur au niveau du sable humide; elles résultent, pour la plus grande part, de l'attaque des Insectes qui parasitent extérieurement les tiges souterraines et, plus rarement, les racines.

Ces matières organiques (débris végétaux, caries, *excreta*) finissent par aboutir, sous l'action des micro-organismes du sol, à la for-

mation d'un terreau, notamment dans le cas des arbres souterrains tels que les *Calligonum*, les *Ephedra*, les *Tamarix*. Le sable de la proximité est alors le siège d'un riche peuplement sabulicole où la vie larvaire atteint souvent une grande densité.

Que deviennent dans le temps ces matières organiques ? Un sol, au sens pédologique du mot, peut-il finalement en résulter ?

A la mort de l'arbre, arbre souterrain rappelons-le, la partie supérieure de celui-ci se trouve progressivement déchaussée par le vent, et les matières organiques sont alors dispersées; le bois mort restant en place, faute d'une humidité suffisante, n'est l'objet d'aucune attaque de la part des xylophages, si ce n'est parfois des Termites. Dans la profondeur, la base de l'arbre, ne semble pas non plus l'objet d'attaques de la part des Insectes. Seule l'action des micro-organismes du sol aboutit à une lente décomposition, dont le modeste produit, profondément enterré, ne peut être utilisé dans l'immédiat. Quant aux végétaux herbacés, il n'y a pas, ou peu, de transformation *in situ* de la matière morte, la totalité des débris étant rapidement dispersée par le vent.

Le processus de décomposition des corps organiques, qu'ils soient d'origine végétale ou d'origine animale, semblent, dans les sables du désert, très différent de ce qui peut être observé dans d'autres régions. Même en milieu humide, la décomposition est autre et, lorsque l'on dispose dans le sable des appâts d'origine végétale ou animale, les Insectes qui se manifestent sont peu abondants.

La microflore fongique, très particulière, est aussi considérablement limitée ainsi que nous l'a fort bien montré J. NICOT (1955).

Ajoutons encore que d'infimes débris non évolués d'origine végétale — entrant rarement dans l'alimentation des Insectes sabulicoles contrairement à une opinion quelquefois admise (P.A. Buxton, 1924 *a*, repris par R. CHAUVIN, 1949) — ou d'origine animale — ces derniers par contre plus souvent utilisés (poils, plumes, produits de desquamation variés) — sont présents dans tous les sables, même les plus arides.

Enfin, rappelons simplement, puisque ces points seront repris plus loin, le rôle des terriers de Rongeurs et celui des fourmilières et des termitières, l'un et l'autre loin d'être négligeables dans l'enrichissement du sable en matières organiques.

2. Sels

Il est un peu surprenant de voir que les sables vifs du désert sont rarement salés, car le sel est en général abondant. Mais ce sel semble surtout lié aux points d'eau actuels (gueltas) ou plus ou moins anciens (fonds de sebkhas). Les sables étudiés en sont presque totalement dépourvus. Je citerai, à titre documentaire, quelques chiffres empruntés à C. KILLIAN et D. FEHER (*loc. cit.*) :

Dune au N d'In Salah	0,17 %
Dune du Grand Erg Occ. à El Goléa	0,03 %

chiffres certes minimes si nous les comparons à ceux qui résultent de l'étude, par les auteurs ci-dessus, des abords d'une sebkha des environs de Sba, au Sahara Central où ils atteignent 11,79 %.

Dans quelques cas, la persistance de ces sels contribue, nous l'avons vu, à l'édification de nebkas d'un type spécial. Les *Tamarix*, fait bien connu, tolèrent des eaux d'une salinité parfois élevée, mais tendent à saler les sols dans lesquels ils se développent. Ce sel rend le plus souvent le sable parfaitement cohérent et aucun sabulicole ne peut s'y installer. Lorsque la mobilité du sable est maintenue, nous trouvons alors, en plus des formes classiques, quelques éléments inhabituels.

Quel peut être dans ce cas le rôle écologique du sel ? Son pouvoir hygroscopique semble d'abord devoir être retenu, car dans d'autres biotopes, au bord des gueltas par exemple, il joue un rôle important dans la distribution de l'eau. En été, à proximité des points d'eau asséchés, il constitue souvent en effet, à l'état de « croûte » à la surface du sol, un refuge pour la faune hygrophile et même ripicole. Intervient-il dans la physiologie des formes avec lesquelles il est en contact ? Il ne semble pas possible de répondre actuellement à cette question.

3. Autres facteurs

Nous ferons simplement état avant de clore ce chapitre du pH, généralement voisin de 7, et de la teneur en CO_3Ca , le plus souvent nulle. (Cf. C. KILLIAN et D. FEHER, *loc. cit.*).



A ce chapitre, trois points retiennent surtout notre attention :

1° La *granulométrie*, qui conditionne en premier lieu la texture du sable.

2° La *teneur en eau*, pratiquement nulle en surface, mais très appréciable, par places, dans la profondeur.

3° La *matière organique évoluée*, guère décelable dans la masse même du sable, mais apparaissant, par contre, dans la profondeur à proximité des tiges et des racines, et alors suffisante pour intervenir dans l'installation de certaines biocénoses.

CHAPITRE VI

LES FACTEURS BIOTIQUES

Les sabulicoles dépendent nécessairement, soit par leur habitat, soit par leur régime alimentaire, ou bien encore, et le plus souvent par leur biotope en général, de la végétation du sable. Quelques éléments : prédateurs, parasites ou commensaux, sont liés au peuplement animal. Nous examinerons donc à ce chapitre le rôle que peuvent avoir sous cet angle ces deux domaines, les groupements proprement dits entrevus au sein du peuplement entomologique du sable étant l'objet d'un chapitre particulier dans la seconde partie.

1. FACTEURS ÉCOLOGIQUES RÉSULTANT DU PEUPLEMENT VÉGÉTAL

Les biotopes de la faune entomologique du sable semblent s'établir autant en fonction de la structure et du comportement de la plante que de sa qualité même.

Nous nous trouvons ainsi conduits, avant d'analyser la végétation, à distinguer sur ce plan :

1. Dans les grands massifs dunaires (fig. 39-40) :

- a) La *végétation ligneuse*, végétation permanente dont les rameaux se développent à travers le sable sec, et les branches, plus profondément, dans un sable où, pour le moins, l'humidité atmosphérique est à saturation (*Calligonum*, *Ephedra*, *Tamarix*, etc...).
- b) La *végétation herbacée*, végétation temporaire, croissant le plus souvent dans le sable sec, les racines seules, courant plus profondément (*Graminées*, etc...) vers l'humidité.

2. Dans les autres sables, et en particulier les sables des rochers et les nebkas (fig. 41) :

- a) La *végétation ligneuse*, plus ou moins durable, dont les

rameaux se développent dans le sable sec et, les branches, *peu profondément*, dans un sable ou un sol limoneux humide (*Retama*, *Crotalaria*, *Zygophyllum*, *Salsola*, etc...).

- b) La *végétation herbacée*, aux types excessivement variés dans le détail, mais présentant néanmoins, pour nous, le comportement de celle des grands ensembles.

1. La végétation des ergs majeurs

La végétation¹ de l'erg, celle des ergs du Nord surtout, apparaît au Sahara comme l'une des plus stables et, quantitativement, des plus riches. Qualitativement, le nombre des espèces que la composent est assez restreint par comparaison avec celle de la hamada ou du djebel.

Le peuplement végétal des ergs du Sahara Nord-Occidental est dans l'ensemble assez uniforme. Tout au plus note-t-on un appauvrissement progressif, tant qualitatif que quantitatif, lorsqu'on examine successivement les ergs humides, les ergs semi-humides et les ergs secs.

Dans les ergs humides tel le Grand Erg Occidental, l'Erg er Raoui, la végétation atteint parfois une densité assez comparable à celle que nous offre la steppe prise au nord de cette région.

Dans les ergs secs, dans l'Erg Chech par exemple, la flore est réduite à quelques espèces seulement, se rencontrant par pieds isolés, distants les uns des autres de cinq à vingt kilomètres !

A. ERGS HUMIDES

Grand Erg Occidental et Erg er Raoui

1. GRAMINAE².

Aristidia pungens Desf. — C'est dans ce type d'erg l'élément le plus abondant et le plus caractéristique. Ce végétal est un des plus richement peuplé par nos sabulicoles et certains semblent lui être étroitement liés. Pour R. MAIRE (1933-1940), *A. pungens* Desf.

(1) Les végétaux mentionnés dans ce travail ont été déterminés pour la plupart par le regretté Professeur R. MAIRE. P. GUINET, alors Botaniste au Centre de Béni Abbès, a bien voulu ultérieurement se charger de ces déterminations.

(2) Les familles sont données dans l'ordre de leur importance écologique dans la vie des sabulicoles et après référence à R. MAIRE (1933-1940) dont j'ai adopté la nomenclature. Je me suis également référé à la carte phytogéographique de P. GUINET (1954), et à F. JOLY et *alt.* (1954).

constitue le caractère principal de la *steppe lâche* du Sahara septentrional. La plante peut former des touffes atteignant parfois plus d'un mètre de hauteur (sud de l'Iguidi).

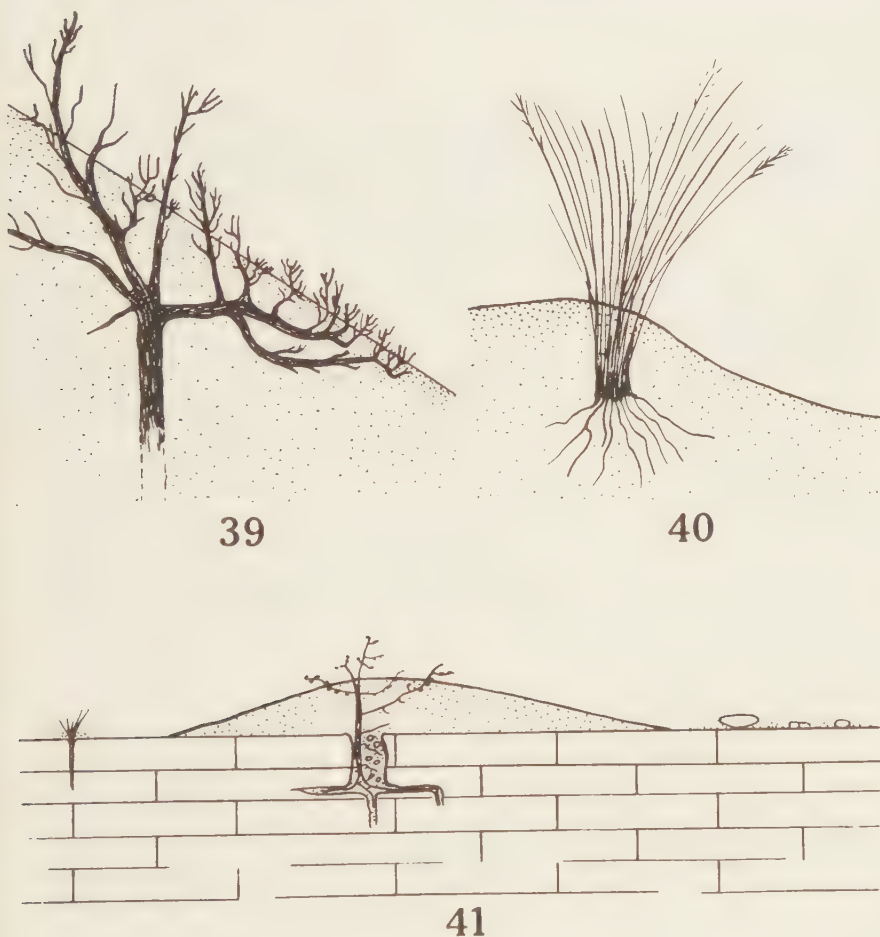


FIG. 39-41. — Types de structure des végétaux liés aux sables du Sahara Nord-Occ.

39. Végétation ligneuse; 40. Végétation herbacée;
41. Végétation des sables de rochers.

Danthonia forskahlei Vahl. et *D. fragilis* Guinet et Sauvage. — Moins abondantes que la précédente, la seconde récemment isolée, ces deux plantes hébergent parfois quelques sabulicoles, sans que ceux-ci leur soient strictement inféodés.

Phragmites communis var. *Isiacus* Del. — Peuple souvent les bords des points d'eau lorsque la nappe aquifère est peu profonde. Les tiges souterraines et les racines créent un milieu favorable au développement des larves qui trouvent là des ressources alimentaires et un refuge saturé en eau et riche en matières organiques.

2. POLYGONACEAE.

Calligonum comosum L'Her. et *C. azel* Maire. — Ces deux espèces, assez difficiles à distinguer l'une et l'autre, cohabitent dans certains ergs (Erg er Raoui, notamment). Leur rôle écologique pour les sabulicoles semble être le même dans les deux espèces. Cependant *C. azel* Maire serait plus fréquent dans l'erg, alors que *C. comosum* L'Her. semblerait préférer les lits d'oued sablonneux. Les tiges et les rameaux de ces « arbres souterrains » (pl. X, phot. 2), presque toujours envahis par le sable vif, attirent un nombre important de sabulicoles qui trouvent là à la fois un refuge et des ressources alimentaires. La profondeur, si l'on en juge par les dégâts importants qui apparaissent parfois lorsque le vent met à nu la partie inférieure de l'arbre, est également le siège d'une intense vie larvaire.

3. EPHEDRACEAE.

Ephedra alata Dec. var. ou ssp. *alenta* Stapf. — Peut présenter dans l'erg ou en bordure de celui-ci un comportement analogue à celui des deux espèces précédentes. Rôle écologique alors assez semblable.

4. PAPILIONACEAE.

Retama ractam Webb. — Spécial à la bordure des ergs et aux dunes isolées; rôle écologique du même ordre que ci-dessus lorsque le sable demeure parfaitement mobile.

Genista saharac Coss. — Comportement et rôle écologique comme pour les deux espèces précédentes; paraît cependant moins fréquent.

5. TAMARICACEAE.

Tamarix. — Les *Tamarix* ne sont qu'assez exceptionnellement des végétaux de plein erg. Ils se rencontrent, suivant les espèces, à proximité des oueds ou des sebkhas, ou bien encore sur les nappes souterraines salées peu profondes.

Lorsque le sable envahit les rameaux et demeure parfaitement meuble, ils peuvent abriter dans les couches de surface de riches peuplements d'insectes qui trouvent là, à la fois, refuge et ressources alimentaires. Dans la profondeur, un second biotope s'établit sur les branches inférieures souvent attaquées par les larves.

La détermination des *Tamarix*, lorsqu'ils ne sont pas en fleurs, est difficile et les espèces de l'erg sont pour cette raison assez mal connues. Il n'est donc pas possible, le plus souvent, de préciser les espèces dont la faune a été étudiée. Un des plus communs (bordure des ergs, sables isolés) peut généralement être rapporté à *T. aphylla* L.

6. OROBANCHACEAE.

Cistanche phelypaea L. — La plus fréquente des Orobanches; parasite notamment *Calligonum comosum* L'Her. et *Tamarix aphylla* L. La partie souterraine de la hampe, charnue, riche en eau, abrite très régulièrement quelques éléments, aussi saprophiles que sabulicoles d'ailleurs (pl. XI, phot. 1 et 2).

7. PALMAE.

Phoenix dactylifera L. — Le Dattier apparaît parfois dans l'erg à proximité des puits où il a été semé involontairement. Bien que classique, le milieu qui prend naissance autour des racines est très richement peuplé.

8. CHENOPODIACEAE.

Traganum nudatum Del. — Assez fréquent dans l'erg, mais relativement localisé; peu recherché des sabulicoles dans ce type de sable.

Cornulaca monacantha Del. — Comme le précédent.

9. CYPERACEAE.

Cyperus conglomeratus Rottb. — Fréquent là où la nappe aquifère est peu profonde; semble jouer un rôle dans le développement de quelques larves de sabulicoles.

10. EUPHORBIACEAE.

Euphorbia guyoniana Boiss. et Reut. — Espèce assez sporadique fréquentée parfois.

11. CRUCIFERAE.

Farsetia aegyptiaca Turra. — N'est fréquentée que par quelques sabulicoles.

12. BORAGINACEAE.

Moltkia callosa Vahl. — Comme pour le précédent.

Soit 18 espèces, la presque totalité de la végétation de l'erg, laquelle ne comprend guère plus d'une vingtaine d'espèces.

Sur ces 18 éléments, 9 ont un rôle prépondérant. Ce sont : *Aris-*

tida pungens Desf., *Phragmites communis* Trin. var. *isiacus* Del., *Calligonum comosum* L'Her. et *C. azel* Maire, *Ephedra alata* Dec., *Retama ractam* Webb., *Tamarix aphylla* L., *Cistanche phelypaea* L. et *Phoenix dactylifera* L.

B. ERGS SEMI-HUMIDES

Erg Iguidi

1. GRAMINEAE.

Aristida pungens Desf. — Ici également, cette plante est l'élément le plus abondant. Mais son peuplement atteint rarement la densité qui s'observe dans les ergs précédents. Même rôle que dans le type ci-dessus.

2. POLYGONACEAE.

Calligonum azel Maire. — Peu abondant et de modeste venue, ce végétal est là assez sporadique. Ses rameaux, peu fournis, sont généralement dégagés et, de ce fait, les Insectes ne peuvent s'y installer.

3. EPHEDRACEAE.

Ephedra alata Dec. — Rare.

4. PAPILIONACEAE.

Retama ractam Webb. — Rare; se rencontre surtout sur la bordure nord. Non vu au sud.

5. TAMARICACEAE.

Tamarix sp. — Rôle écologique important, comme dans les ergs du type précédent.

6. ORABANCHACEAE.

Cistanche phelypaea L. — Rare au sud. Au nord, rôle écologique comme dans les ergs du type précédent.

7. PALMAE.

Phoenix dactylifera L. — Rare. Vu à Chouikhia, dans le centre de l'Erg Iguidi.

8. CHENOPODIACEAE.

Traganum nudatum Del. — Fréquent, mais semble aussi dans ce type d'erg peu recherché des sabulicoles.

Cornulaca monacantha Del. — Plus fréquent que le précédent ; caractérise le peuplement végétal des sables du sud ; sa tige souterraine et ses bourgeons semblent jouer un rôle important dans le développement des insectes du sable.

9. ZYGOPHYLLACEAE.

Zygophyllum sp. — Par places. Ici sans rôle bien déterminé.

10. CRUCIFERAE.

Farsetia aegyptiaca Turra. — Par places. Sans rôle bien précis.

11. BORAGINACEAE.

Molktia callosa Vahl. — Comme pour le précédent.

Soit 12 espèces sur la totalité de la végétation, qui n'en comprend guère plus d'une quinzaine, et où la partie septentrionale de l'erg, plus riche, intervient pour la majeure partie. Dans cette liste n'a pas été comprise la végétation des immenses tairts, très différente. Cette flore, qui ne fixe que par exception le sable, est essentiellement formée de *Chenopodiaceae* (*Salsola foetida* Del., *S. tetrandra* Forssk.), plantes nettement liées au sel et non au sable.

Sur les 12 végétaux précités, 3 seulement ont ici un rôle écologique important dans la vie de nos insectes. Ce sont : *Aristida pungens* Desf., *Cornulaca monacantha* Del., et *Tamarix* sp.

Les arbres souterrains manquent généralement dans ce type d'erg.

C. ERGS SECS

Erg Chech

1. CHENOPODIACEAE.

Cornulaca monacantha Del. — Bien que très sporadique, ce végétal a dans ce type d'erg un rôle écologique important dans la vie des sabulicoles qui trouvent sur la partie souterraine de la plante à la fois un refuge et des ressources alimentaires.

Salsola tetrandra Forsk. — Peuple quelques rares fonds humides et salés. Peu fréquent.

2. PLUMBAGINACEAE.

Limoniastrum gayonianum Coss. et Dur. — Fixe parfois le sable ; son rôle écologique est alors important.

3. EPHEDRACEAE.

Ephedra alata Dec. — D'un développement médiocre ; peuple, par places, quelques fonds humides. Sans rôle écologique bien appréciable.

4. GRAMINEAE.

Aristida pungens Desf. — Très rare. Sans rôle écologique précis.

5. TAMARICACEAE.

Tamarix. — Rares.

6. ZYGOPHYLLACEAE.

Zygophyllum sp. — Rare.

Situé au cœur des régions ultra-arides, rappelons-le, ce type d'erg a une végétation considérablement réduite : 6 espèces¹ parmi lesquelles 2 seulement, *Cornulaca monacantha* Del. et *Limoniastrum Guyonianum* Coss. et Dur., peuvent, par leur pérennité, intervenir dans le maintien de nos insectes.

2. La végétation des ergs mineurs et des sables isolés

1. **Ergs mineurs.** — Végétation analogue d'aspect et quant à son rôle écologique à celle des grands ergs du secteur, mais beaucoup plus pauvre.

2. **Groupes de dunes et dunes isolées.** — La végétation y est généralement très réduite ou nulle. Lorsqu'elle est présente, elle peut être constituée par :

1. PAPILIONACEAE.

Retama ractam Webb. — Espèce particulièrement caractéristique de ce type de dunes dans le Nord du Sahara.

Crotalaria Vialattei Bat. — Entre dans l'alimentation de certains sabulicoles.

2. GRAMINEAE.

Aristida pungens Desf. — Rôle moins important que dans les ergs majeurs, mais encore parfaitement notable.

3. TAMARICACEAE.

Tamarix. — Lorsque la dune est située sur un lit d'oued, elle peut être en partie fixée par le végétal. La faune sabulicole y est alors généralement abondante. Cette abondance peut se trouver encore accrue par la présence de *Cistanche Phelypaea* L. et *C. violacea* Desf., Orobanches qui parasitent entre autres végétaux les *Tamarix*, nous l'avons vu.

4. CHENOPODIACEAE.

Traganum nudatum Del. — Fréquent ; surtout lorsque le sable ne bénéficie que de ressources hydriques restreintes. Le rôle écologi-

(1) Je signalerai la présence surprenante de *Coprinus arenarius* Pat. (*Agaricaceae*), récolté dans la dépression où le voyageur creuse l'Oglat de Nifl.

que est important, tant par les ressources alimentaires que par le refuge que la plante constitue.

Cornulaca monacantha Del. — Comme pour le précédent, mais plus xérophile encore.

3. Sables des rochers. — La végétation de ces sables est bien plus liée au substrat qu'au sable lui-même. Les fissures de la roche que comble un sable limoneux maintiennent assez longtemps l'eau collectée sur les pentes voisines, pour qu'un peuplement parfois important puisse se développer.

Ce type de sable se rencontre à la fois dans les djebels et sur les hamadas et, si les faunes possèdent plusieurs éléments communs, la flore, par contre, diffère beaucoup.

Je ne citerai que les plantes apparemment liées à ces sables, bien qu'il ne soit pas douteux que d'autres végétaux de la hamada ou du djebel soient acceptés en tant qu'aliments par nos insectes. L'analyse de cette riche végétation étant hors de ma compétence, je ne m'étendrai pas dans ce domaine.

a) Sur les hamadas :

1. GRAMINEAE.

Aristida plumosa L. — Plante d'acheb, élément très caractéristique des ensablements légers.

2. ZYGOPHYLLACEAE.

Fagonia glutinosa Del. — Espèce assez fréquente sur les hamadas où elle retient parfois un peu de sable et constitue alors un refuge pour certains sabulicoles.

b) Dans les djebels :

1. COMPOSITAE.

Catananche arenaria Coss. et Dur. — Rôle alimentaire important.

2. CISTACEAE.

Helianthemum Lippii L.

3. GRAMINEAE.

Aristida plumosa L.

Lasiurus hirsutus Forssk.

4. BORAGINACEAE.

Molktia callosa Vahl. — Rôle alimentaire important.

5. CARYOPHYLLACEAE.

Polycarpaea repens Forsk.

6. PLANTAGINACEAE.

Plantago ciliata Desf.

7. UMBELLIFERAE.

Ammodaucus leucotrichus Coss. et Dur.

4. Nappes sableuses. — Ces nappes sans relief sont peu fréquentes au Sahara du Nord-Ouest. Lorsqu'elles apparaissent, elles occupent le plus souvent le lit d'un oued, ou bien des dépressions à fond humide. Le sable, très fin, est souvent légèrement limoneux ou argileux et même, de ce fait, parfois semi-fixé. Les principaux végétaux qui peuvent y être rencontrés sont :

1. GRAMINEAE.

Aristida pungens Desf. — Assez fréquente. Indique une certaine humidité. Rôle écologique néanmoins limité.

Aristida plumosa L. — Sans rôle écologique bien précis.

Panicum turgidum Forssk. — Parfois. Rôle écologique important.

2. EPHEDRACEAE.

Ephedra alata Dec. — Assez fréquent. Indique également une certaine humidité. Rôle écologique notable en tant que refuge.

3. ZYGOPHYLLACEAE.

Zygophyllum album L. — Surtout abondant sur les nappes de lits d'oued. Entre parfois dans l'alimentation de certains sabulicoles.

4. CRUCIFERAE.

Parsetia aegyptiaca Turra. — Parfois. Abondant après la pluie. Rôle alimentaire¹.

(1) La présence d'un *Liodidae* (Col.) : *Chobautiella deserticola* Reitt., fongisseur remarquable, capturé la nuit à la lampe dans un faciès de ce type, me conduit à mentionner les champignons du désert. Nous savons en effet que certains *Liodidae* se développent ou sont soupçonnés se développer, sous nos climats, au dépend de ces végétaux, tant sur les formes endogées que sur les formes épigées. Les espèces que nous rencontrons dans cette région du Sahara sont :

a) Champignons épigés :

1. AGARICACEAE.

Coprinus arenarius Pat.

b) Champignons endogés :

2. TERFEZIACEAE.

Terfezia ovalispora Pat.

Terfezia Boudieri Chatin.

Rôle de la végétation
dans le développement et le maintien des Insectes sabulicoles

Rôle : Important +++ Secondaire ++ Eventuel + Rare R	Ergs majeurs			Ergs mineurs et sables isolés							Sables des cav. sout.	
	Ergs humides	Ergs semi-humides	Ergs secs	Ergs mineurs	Gr.de dunes Dunes isolées	Sables des rochers		Nappes sableuses	Nebkas		Grottes et cavités rocheuses	Terriers
						Hamadas	Djebels		Hamadas	Oueds		
GRAMINEA				Comparables aux ergs majeurs								
Aristida pungens Desf.	+++	+++	+R		+++			+R		+++		
" plumosa L.			+			+	+					
Danthonia Forskahlei Vahl.	+											
D. fragilis G. et S.	+											
Phragmites communis var. Istiacus Del.	+++											
Panicum turgidum Forsk.								+++				
Lasiurus hirsutus Forsk.							+					
POLYGONACEAE												
Calligonum comosum L'Her. et C.	+++										++	
" azel Maire	++	++										
EPHEDRACEAE												
Ephedra alata Dec. var.alenda Stapf.	+++	++R	++R					+		++		
Retama raetam Webb.	+++	++			+++							
PAPILIONACEAE												
Genista Saharæ Coss.	++					+						
Crotalaria Vialattei Bat.												
TAMARICACEAE												
Tamarix sp.	+++	+++	+R		++					+++		
OROBANCHACEAE												
Cistanche phelypæa L.	+++	+++			++							
PALMAE												
Phoenix dactylifera L.	+++	+R										
CHENOPODIACEAE												
Cornulaca monacantha Del.	++	++	+++		++							
Traganum nudatum Del.	++				++							
Salsola foetida Del.			+R									
" tetrandra Forsk.			+R									
CYPERACEAE												
Cyperus conglomeratus Rottb.	+	+										
EUPHORBIACEAE												
Euphorbia Guyoniana Bois.et Reut.	++											
CRUCIFERAE												
Parsetia aegyptiaca Turra	+							+				
Zilla macroptera Coss. et Dur.												
BORAGINACEAE												
Molthia callosa Vahl.	+	+					+++					
ZYGOPHYLLACEAE												
Zygophyllum album L.		+						+++		+		
" sp.			+R									
Fraxonia glutinosa Del.						+			+			
PLUMBAGINACEAE												
Limoniastrum Guyonianum Coss. et Dur.			+++									
COMPOSITAE												
Catananche arenaria Coss. et Dur.							+++					
CISTACEAE												
Helianthemum Lippii L.							+					
CAROPHYLLACEAE												
Polycarpaea repens Forsk.							+					
PLANTAGINACEAE												
Plantago ciliata Desf.							+					
UMBELLIFERAE												
Ammudaucus leucotrichus Coss. et Dur.							+					
SOLANACEAE												
Nyoscyamus muticus asp. Falezlez Coss.										+		
TOTAL	18	11	9			7	2	8	5	2	7	

5. **Nebkas.** — Les principaux végétaux retenant individuellement le sable sont :

a) Sur les hamadas :

1. CRUCIFERAE.

Zilla macroptera Coss. et Dur. — Fixe parfois le sable et abrite alors quelques sabulicoles.

2. ZYGOPHYLLACEAE.

Fagonia glutinosa Del. — Comme le précédent. Deux autres espèces, moins fréquentes, ont un rôle assez analogue.

b) Dans les lits d'oueds :

1. TAMARICACEAE.

Tamarix. — Plusieurs espèces, semble-t-il, peuvent former de monumentales nebkas, atteignant dans certains cas plusieurs mètres de hauteur. Le sable de ces buttes est le plus souvent aggloméré et n'abrite aucun sabulicole. Lorsqu'il demeure mobile, le peuplement est alors abondant, car la végétation offre à la fois des ressources alimentaires substantielles et un refuge durable. L'Orobanche *Cistanche Phelypea* L. est aussi souvent présente avec sa faune habituelle.

2. GRAMINEAE.

Aristida pungens Desf. — Forme aussi parfois des buttes importantes où se développent quelques Insectes (Région de Reggan).

3. EPHEDRACEAE.

Ephedra alata Dec. — Fixe parfois le sable et héberge alors quelques sabulicoles.

4. POLYGONACEAE.

Calligonum comosum L'Her. — Comme pour le précédent.

5. CHENOPODIACEAE.

Traganum nudatum Del. — Parfois. Sans faune sabulicole bien déterminée.

6. ZYGOPHYLLACEAE.

Zygophyllum album L. — Comme pour le précédent.

7. SOLANACEAE.

Hyoscyamus muticus ssp. *falezlez* Coss. — Retient parfois le sable et peut alors abriter, accidentellement, quelques sabulicoles.

3. Sables des cavités souterraines

1. **Sables des grottes et cavités rocheuses.** — Quelques débris végétaux secs, apportés par le vent, sont mêlés au sable et entrent peut-être dans l'alimentation des Lépismes sabulicoles, hôtes accidentels du sable des grottes.

2. **Sables des terriers.** — Les terriers des Rongeurs contiennent des débris végétaux secs ou frais, reliefs des repas de l'hôte du terrier.

Nous pouvons donc voir ici, et c'est aussi ce que souligne le tableau XVII, que seuls quelques éléments ont un rôle écologique constant dans le développement et le maintien de la faune entomologique du sable.

Ce sont : *Gramineae* : *Aristida pungens* Desf.; *Polygonaceae*; *Calligonum comosum* L'Her., *C. azel* Maire; *Ephedraceae* : *Ephedra alata* Dec.; *Papilionaceae* : *Retama raetam* Webb.; *Tamaricaceae* : tous les *Tamarix* tant que le sable conserve sa parfaite mobilité; *Orobanchaceae* : *Cistanche Phelypaea* L.; *Palmae* : *Phoenix dactylifera* L.; *Chenopodiaceae* : *Traganum nudatum* Del., *Cornulaca monacantha* Del.

Soit, au total, une dizaine d'espèces.

2. FACTEURS ÉCOLOGIQUES RÉSULTANT DU PEUPLEMENT ANIMAL

Ces facteurs sont de deux ordres :

1. Présence de vertébrés

1. **Terriers.** — Seuls les terriers de Rongeurs peuvent être commodément explorés. Quelques autres formes se creusent dans le sable des refuges dont il serait intéressant de connaître les pholéophiles; mais la profondeur et la longueur des galeries s'opposent à ce qu'ils soient étudiés.

Les Rongeurs forment dans tous les sables du Sahara Nord-Occidental des peuplements souvent importants; plus denses et plus riches au Nord, ceux-ci sont encore souvent notables vers le Sud. Néanmoins, ils tendent à disparaître presque totalement dans le secteur ultra-aride (Erg Chech).

En compagnie de F. PETTER qui étudie actuellement la faune mammalogique du Sahara Nord-Occidental, j'ai pu examiner dans la région de Béni Abbès les terriers des espèces suivantes :

1. *Psammomys obesus* Cretz., le plus fréquent.

2. *Gerbillus gerbillus* Ol., également abondant.

3. *Meriones crassus tuareg* Ths., beaucoup plus rare (cf. F. PETTER, 1951).

Les terriers de Rongeurs donnent naissance dans la masse même du sable à un milieu très particulier. Là interviennent, en plus des facteurs microclimatiques mentionnés plus haut (ch. IV), divers facteurs écologiques :

- a) Présence de *matières organiques azotées*, produits d'excrétions imprégnant le sable des parois.
- b) Présence de *débris végétaux*, contribuant à enrichir le milieu en matières organiques.
- c) Présence de *moisissures*, ressources alimentaires des mycétophages.
- d) Présence de *proies*, attirant quelques harpactophages.

Dans les terriers de *Meriones crassus tuareg* Ths., creusés dans des sables plus secs, ces facteurs écologiques se trouvent considérablement atténués.

2. Débris organiques. — Quelques débris organiques : *excreta*, desquamations variées, poils, plumes, cadavres, entrent dans l'alimentation de certains Insectes sabulicoles.

3. Présence de l'Homme. — Près des oasis surtout, par les débris organiques issus de son alimentation, l'Homme contribue indiscutablement à accroître les ressources alimentaires de certains éléments sabulicoles à régime peu spécialisé. On observe souvent en effet, pour certains groupes, un accroissement des populations, difficilement explicable autrement (Coléoptères Ténébrionides et Scarabéides, en particulier).

2. Présence des invertébrés

Il s'agit des proies des prédateurs, le plus souvent les Insectes ou des larves d'Insectes. Les chenilles sont parfois si abondantes sur certains végétaux qu'il m'a été donné d'en compter en mars 1952, en bordure de l'Erg Igudi, plus de 20 exemplaires en moyenne par pied de végétation.

Signalons encore que dans les grottes sèches, attirés par le guano de la chauve-souris *Pipistrellus Kühli* Natt., quelques Insectes ou larves d'Insectes (Diptères, Coléoptères, Psocoptères) constituent les proies des larves de certains *Myrmelconidae* sabulicoles.

Enfin, j'ai observé sur des regs absolument désertiques de l'Erg Chech, quelques Hyménoptères, habituellement liés à la végétation des oasis, apportés par le vent à 50 km des zones de végétation les plus proches. Il y a donc là possibilité de subsistance pour les hôtes habituels de ce milieu, les *Eremiaphila*, ce dont nous reparlerons d'ailleurs.

La présence d'une *végétation active* conditionne pour une part importante la présence des sabulicoles. Ces Insectes, sans grande spécificité, se groupent davantage en fonction de certains types morphologiques de végétation, lesquels sont généralement, par ailleurs, des éléments bien particuliers.

La *vie animale*, bien qu'occupant une moindre place dans l'ensemble des facteurs biotiques, intervient aussi dans quelques cas dans le développement de certains Insectes du sable.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS DE LA PREMIÈRE PARTIE

Au désert, les qualités écologiques d'un sable sont déterminées à la base par sa répartition en fonction du substrat. Les grands traits du relief ont un rôle important dans cette répartition et il doit en être tenu compte dans une classification écologique. Au Sahara Nord-Occidental, les principaux types d'édifices pouvant être ainsi définis sont : 1) Les *ergs majeurs*, massifs dunaires, plus ou moins étendus, se subdivisant suivant leurs ressources hydriques en : *a*) ergs humides; *b*) ergs semi-humides; *c*) ergs secs. 2) Les *ergs mineurs*, peu différents en fait des grands ensembles, et les *sables isolés*, eux, très particuliers, comprenant : *a*) les groupes de dunes et les dunes isolées; *b*) les sables des rochers, ensablements partiels (sur les hamadas ou dans les djebels); *c*) les nappes sableuses, colmatant certaines dépressions; *d*) les *nebkas*, buttes se formant au pied des végétaux (sur les hamadas ou bien dans les oueds). 3) Les sables des *cavités souterraines*, qui sont : *a*) les sables des grottes et cavités rocheuses, apports éoliens; *b*) les sables des terriers, parois des refuges creusés dans la masse sableuse par des Vertébrés. Là, ont été rejetés les sables en contact avec les collections d'eau, leurs propriétés écologiques — et leur peuplement — ne permettent en aucun cas leur rattachement aux sables vifs.

Dans la plupart de ces sables, deux types de biotopes, rigoureusement opposés, peuvent être distingués : 1) les biotopes des *couches de surface*, sables secs, parfaitement meubles, mais dont l'atmosphère interne accuse néanmoins un degré hygrométrique relativement élevé; 2) les biotopes des *couches profondes*, sables humides, d'une certaine cohésion, dont la teneur en eau d'imbibition est toujours appréciable. Ces deux niveaux écologiques s'opposent encore par d'autres facteurs parmi lesquels il convient surtout de citer le régime thermique.

Le *climat* du Sahara Nord-Occidental, malgré une certaine analogie avec le climat méditerranéen, en diffère cependant par plusieurs points, dans ses extrêmes notamment. Il constitue, pour nous, un type particulier, pour lequel le terme de *climat saharien* pourrait être retenu.

L'étude des principaux facteurs du climat sur une *période de dix ans*, pour la région de Béni Abbès, montre dans les facteurs pouvant être influencés par les précipitations (évaporation, humidité relative), des oscillations notables. La température, par contre, n'accuse que de faibles écarts d'une année sur l'autre.

Entre le climat enregistré habituellement à 2 m dans les *stations de base* et celui enregistré *près du sol* sur les divers faciès du désert (erg, hamada, oued et, pour comparaison, palmeraie) des différences plus ou moins grandes apparaissent. Il ne semble pourtant pas qu'elles constituent à elles seules un argument écologique décisif.

Dans la masse même du sable, l'*endoclimat* s'oppose par son uniformité à l'*exoclimat* dont les écarts quotidiens et saisonniers sont d'une grande ampleur.

L'eau du sable peut être, en tant que facteur endoclimatique, l'eau des nappes phréatiques, d'origine le plus souvent *extra-saharienne* ou bien l'eau des noyaux et colonnes d'imbibition, d'origine *météorique*, l'une et l'autre partiellement à l'abri de l'évaporation dans la profondeur, grâce aux propriétés isothermes du sable. Cette eau est distribuée aux différents horizons sous forme : 1) d'eau d'*imbibition*, eau utilisée *in situ*; 2) d'eau de « *distillation* », à partir des noyaux humides, laquelle se maintient à la faveur probablement du pouvoir hygroscopique de la pellicule d'oxyde de fer qui enrobe les grains de sable; il pourrait donc s'agir en fait d'eau d'*imprégnation*, ainsi que tendent à le montrer des recherches actuellement en cours (P. QUENEY, comm. verb.); 3) d'eau de *transpiration* des végétaux, à proximité des tiges et rameaux des psammophytes.

La température du sable, qui atteint tant dans ses valeurs extrêmes que dans son amplitude quotidienne et saisonnière des valeurs importantes, accuse par contre dans la masse même du sable, à une faible profondeur, un régime considérablement plus tempéré. Dès les premiers centimètres, ces écarts sont d'une bien moindre ampleur et s'annulent presque totalement pour une saison donnée vers — 50 cm. A 1 mètre, l'amplitude annuelle n'est plus que d'une dizaine de degrés C.

L'humidité relative de l'atmosphère interne du sable est caractérisée dans les couches supérieures par un taux très appréciable puisqu'elle peut atteindre à — 50 cm, dans nos observations, près de 50 %, même en saison chaude.

Par places, l'uniformité endoclimatique est rompue par des *microclimats* prenant naissance : 1) à proximité des végétaux, tant en surface que dans la profondeur; 2) dans les grottes et dans les cavités rocheuses de moindre importance; 3) dans les terriers; 4) dans les fourmilières et les termitières.

Parmi les *facteurs édaphiques*, la *granulométrie*, qui régit l'essentiel des propriétés physiques du sable (rigidité et volumes des vides notamment), prend à nos yeux une importance particulière, car il ne fait guère de doute que le peuplement est, dans les principales formes d'édifices, étroitement en rapport avec ce facteur. Par la granulométrie, deux types écologiques de sables peuvent être définis : 1) les sables des grands massifs dunaires que caractérise une phase bien nette d'éléments de diamètre moyen $> 0,25$ mm (phase sable); 2) les sables des formations secondaires, dunes isolées, sables des rochers, etc., où cette phase est pratiquement nulle, ces sables

étant presque exclusivement constitués de grains $< 0,25$ mm de diamètre moyen (phase sablon).

Le volume des vides (capacité en air) est généralement voisin de 40 %. La teneur en eau d'imbibition des sables dépasse rarement 4 % par rapport au poids sec au niveau des habitats les plus profonds.

Quant aux facteurs chimiques, mentionnons que nos sables sont généralement dépourvus de matières organiques et, en outre, ne sont ni calcaires, ni salés.

Les *facteurs biotiques* sont de deux ordres : 1) ils résultent principalement du peuplement végétal, auquel la faune sabulicole est étroitement liée, mais, le plus souvent, de façon indirecte; ce qui toutefois ne signifie pas qu'il s'agisse de fragments secs, lesquels semblent en fait peu recherchés; 2) ils peuvent dans quelques cas résulter du peuplement animal : terriers de Rongeurs, débris organiques, présence de l'Homme, proies des prédateurs.

Ainsi examinés, les sables vifs du Sahara Nord-Occidental se révèlent parfaitement aptes à assurer le développement et le maintien d'une faune d'Insectes riche et variée, malgré les conditions excessivement rudes qui règnent à la surface du désert.

DEUXIÈME PARTIE

LE PEUPLEMENT

CHAPITRE I

LA FAUNE ENTOMOLOGIQUE DES SABLES VIFS

Un des aspects les plus curieux de la vie dans les régions arides nous est offert par la faune entomologique des sables vifs.

Au Sahara, cette faune, généralement importante, parfois dense, entre toujours pour une grande part dans la composition des groupes les plus typiquement érémiques¹. C'est ainsi que les Coléoptères Ténébrionides et les Dictyoptères Corydiides sont presque tous, au moins pendant leur vie larvaire, étroitement liés au sable.

Dans les groupes moins spécialisés, elle accroît notablement le nombre des éléments présents au désert : Coléoptères Scarabéides, Coléoptères Histérides, Hyménoptères, Diptères, Thysanoures, ou bien encore, apporte simplement quelques unités supplémentaires à ceux dont la pénétration en région franchement aride est plus difficile : Coléoptères Liodides et Harpalides, Isoptères, Héteroptères, Homoptères, Collembolés.

1. GROUPES REPRÉSENTÉS ET PRÉDOMINANCE

On ne peut manquer d'être surpris en constatant que sur les trente-deux ordres que comprend la toute récente classification des Insectes du Traité de Zoologie de P.-P. GRASSÉ, vingt-six sont représentés au Sahara Nord-Occidental². L'ensemble peut être estimé à environ huit cents éléments. Les Coléoptères en apportent à eux seuls près de cinq cents : c'est dire l'importance de l'ordre dans la faune du secteur étudié. Au vrai désert — dans la première partie nous en

(1) Sans en être cependant l'expression la plus extrême : rappelons que les *Eremiaphila* (Dict.) et quelques Lépismes hantent, parfaitement en place, des hamadas et des regs où l'aridité atteint son paroxysme.

(2) Ce sont suivant la nomenclature de ce traité : les Collembolés, une dizaine d'espèces; les Protoures et les Diploures, signalés récemment (B. CONDÉ et J. PAGÈS, 1950; J. PAGÈS, 1951); les Thysanoures, une quinzaine d'espèces; les Ephéméroptères; les Odonates, quelques représentants; les Dictyoptères, 15 espèces; les Isoptères, 5 espèces; Chéleutoptères, 1 espèce au Hoggar; les Orthoptères, 20 espèces; Embioptères, 1 espèce; Dermaptères, 1 représentant; Coléoptères, cinq cents espèces environ; Panipennes, une vingtaine d'espèces; Trichoptères; Lépidoptères, une cinquantaine d'espèces; Diptères; Siphonaptères; Hyménoptères, une cinquantaine d'espèces; Strépsitères, probablement représentés; Psocoptères; Mallophages (?); Anoploures; Homoptères; Héteroptères, une vingtaine d'espèces; Thysanoptères.

avons exclu les biotopes en contact direct avec les collections d'eau¹ — le nombre d'ordres présents décroît notablement. Quatorze cependant demeurent : Collemboles, Thysanoures, Dictyoptères, Isoptères, Orthoptères, Coléoptères, Planipennes, Lépidoptères, Diptères, Hyménoptères, Strépsiptères, Homoptères, Héteroptères et Thysanoptères.

Dans les sables vifs du Sahara Nord-Occidental, la plupart sont représentés. Deux cependant n'ont pu y être observés : les Strépsiptères² et les Thysanoptères.

On trouvera aux tableaux XVIII-XXIII, par ordre d'importance, la liste des éléments qui interviennent ici, ainsi que leur répartition, leur fréquence et la valeur qualitative du peuplement en fonction des différents sables.

Cette liste d'espèces appelle certaines remarques :

1. Coléoptères

1. *Tenebrionidae*. — Ce groupe constitue dans nos sables l'élément dominant. Sur 87 espèces et sous-espèces cataloguées (F. PIERRE, 1958), 58 sont liées aux sables vifs. Mais il y a lieu de retrancher de ces 87 éléments 20 cosmopolites ou étrangers au désert, c'est-à-dire dans ce dernier cas, issus des faunes bordières, et dont la présence est accidentelle. Les sabulicoles atteignent alors 86,5 % du total.

Les *Tenebrionidae* forment dans l'ordre des Coléoptères une famille importante comprenant près de 15.000 espèces décrites (H. GEBIEN, 1937-1944). Cette famille se divise en trois sous-familles : *Tentyriinae*, *Asidinae*, *Tenebrioninae*. Les deux premières sous-familles et une grande partie de la troisième, au total près de 7.000 espèces, sont généralement propres aux régions arides, dont elles constituent toujours un élément important du peuplement.

2. *Trogidae*, *Geotrupidae*, *Scarabacidae*. — Presque tous les Scarabéoides du désert sont sabulicoles. C'est, après celle des Ténébrionides, la faune la plus dense et la plus riche. Le nombre des éléments s'élève à 51 (F. PIERRE, 1958). De cette faune il faut retrancher 7 ubiquistes ou étrangers au secteur. Sur ces 44 déserticoles, 43 sont propres au sable, soit 97,7 %.

3. *Histeridae*. — La famille des Histérides compte aussi un nombre important de représentants. J'ai noté 17 espèces, dont 2 plus ou moins ubiquistes. Sur les 15 espèces qui nous intéressent, 10 sont franchement sabulicoles, soit 66,6 %.

(1) Plusieurs études cependant, P. de PEYERIMHOFF (1931), P. de MIRÉ (1952), F. VAILLANT (1956), mettent en évidence une faune entomologique des points d'eau isolés assez bien individualisée. Le fait est surtout sensible au Sahara méridional et dans les massifs montagneux où ces milieux sont relativement nombreux et durables. Là, bien entendu, ne peuvent entrer les éléments drainés par les oueds issus de la périphérie du désert. Il va de soi qu'il existe au Sahara des faunes entomologiques qui, sans tendre vers une xérophilie évidente, n'en sont pas moins soumises aux facteurs écologiques très particuliers qui régissent dans cette région.

(2) Une espèce pourrait parasiter le Lépisme sabulicole *Mormisma peyerimhoffi* Silv. (P. de PEYERIMHOFF, comm. verb.). Je n'ai pu pourtant déceler sa présence.

4. *Dermestidae*. — La famille comprend au Sahara Nord-Occidental 16 formes, dont 3 à grande dispersion. Sur les 13 espèces que nous admettons au désert, 3 seulement sont sabulicoles, soit 23 % du total.

5. *Masorcidac*, *Anthiidae*, *Harpalidae*. — Les Carabiques n'apportent que quelques éléments à la faune du sable. Il n'y a guère à s'en étonner, le groupe ne manifestant qu'exceptionnellement quelque tendance à la xérophilie. *Graphopterus serrator* Forsk., *Anthia*



FIG. 42. — *Leptonychus curvicornis* Peyer.
(D'après F. PIERRE, 1959.)

sermaculata F. et *A. renator* F., ainsi que le remarquable Harpalide *Bleusea deserticola* Bed., peuvent être notés ici pour les sables vifs du Sahara Nord-Occidental. Un second Harpalide, également très remarquable : *Heteracantha depressa* Brullé, mais qu'il ne m'a pas été donné d'observer, existe sur la lisière nord de cette région, à Colomb-Béchar notamment (F. JOLY et *alt.*, 1954).

6. *Liodidae*. — Un curieux représentant : *Chobeautiella deserticola* Reitt., capturé une fois à la lumière (J. MATEU et F. PIERRE).

7. *Anthicidae*. — Dans le genre *Mecynotarsus*, 2 espèces manifestent quelque tendance sabulicole. Malgré l'importance numérique du groupe dans les régions désertiques (voir à propos de nos ré-

coltes P. BONADONA, 1956) les orientations vers la vie sabulicole ne sont guère appréciables.

8. *Curculionidae*. — Sur les 42 espèces que comprend la liste des espèces récoltées (A. ROUDIER, 1954), 4 seulement ont quelques rapports avec le sable. Ce sont : *Cleonus gigas* Mars., *Depresseremia-*

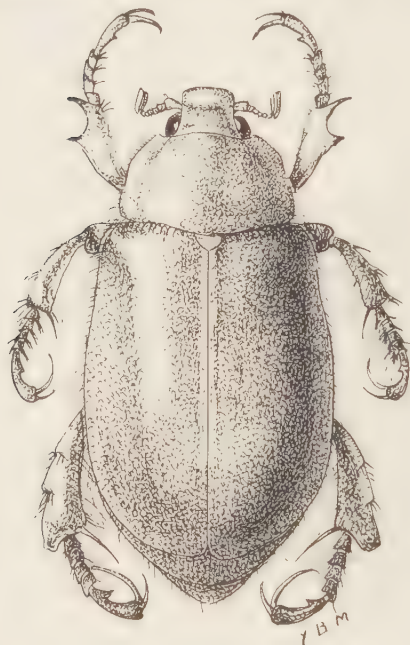


FIG. 43. — *Anomala bleusei*
Chob.



FIG. 44. — *Enoplotarsus deserticola*
Luc.

rhinus elongatus Desbr., *Eremiarhinus margarintus* Fairm. et *Gronops jekeli* All.

Soit 126 espèces et sous-espèces pour l'ensemble des Coléoptères¹.

(1) Un *Nitidulidae*, *Cybocephalus flaviceps* Reitt. (W. SMIRNOFF dét.), a été en outre observé s'enterrant dans le sable des dunes le 30 juin 1950 vers 10 h, à Ain Sefra (Atlas Saharien). Cet insecte, en nombre sur la Graminée *Aristida pungens* Desf., lorsqu'il était inquiété, se laissait tomber au pied de la plante où, très rapidement, il disparaissait. On sait que les *Cybocephalus*, généralement fréquents dans les palmeraies, autochtones ou bien importés, sont un des principaux prédateurs de *Parlatoria blanchardi* Targ., la cochenille du Palmier. Il n'est cependant pas rare de les rencontrer, loin parfois de toute palmeraie, sur différentes plantes et aussi dans le sable au pied de la Graminée qui vient d'être citée (Sud de l'Igoudi : Boubout, entre autre). Ils demeurent cependant toujours parasites des Cochenilles (W. SMIRNOFF, inf.).

Certains Coléoptères *Meloidae* peuvent aussi avoir quelques rapports avec le sable. Ces rapports se bornent généralement chez l'adulte au creusement d'un nid (L. KOCHER, 1953). La larve, prédatrice du couvain des Hyménoptères nidifiant dans le sol, aurait également, d'après A. CROS (1926), quelque aptitude à la vie sabulicole.

2. Dictyoptères

La liste des récoltes (L. CHOPARD, 1954) comprend 15 espèces, desquelles il faut retrancher 4 cosmopolites. Là, 4 *Corydiidae*, soit 36,3 % de l'ensemble, sont typiquement sabulicoles. Ils interviennent, par leur présence très constante et leur abondance, pour une grande part dans le peuplement entomologique des sables vifs.

3. Isoptères

Psammotermes hybostoma Desneux (*Rhinotermitidae*) est la seule espèce qui soit réellement propre aux sables vifs du Sahara Nord-Occidental. Elle occupe dans la faune sabulicole une place considérable par l'importance de ses colonies et ses possibilités de conquêtes de milieux particulièrement difficiles (P.-P. GRASSÉ et C. NOIROT, 1948).

4. Hyménoptères (1)

Cet ordre, ainsi que ceux qui suivent, ne sont pas suffisamment connus dans nos régions pour que nous puissions déterminer le taux, même approximatif, des sabulicoles dans les différents groupes. Les données rapportées ne sont que simple indication.

Les Hyménoptères qui fréquentent nos sables se recrutent dans plusieurs familles :

1. *Formicidae*. — Une seule espèce vraiment inféodée aux sables vifs : *Cataglyphis bombycina* Roger. Il s'agit d'une forme dont la remarquable spécialisation est connue depuis longtemps. F. BERNARD (1948, 1951, 1953), nous donne de nombreux renseignements sur sa biologie.

2. *Mutillidae* et *Methocidae*. — Peu abondants, les *Methocidae* surtout. Ces Insectes sont dans l'ensemble mal connus et toujours difficiles à observer. Douze espèces ont été récoltées au total, le plus souvent par exemplaires isolés.

3. *Sphecidae* et *Pompilidae*. — Ces Insectes sont représentés dans les sables de notre région par 13 espèces, la plupart à grande répartition saharienne ou nord-africaine.

4. *Bembecidae*, *Scoliidae*, *Philanthidae*, *Larridae* et *Halictidae*. — Neuf espèces au total, pour l'ensemble, se rencontrent assez régulièrement dans les sables du Nord-Ouest saharien. Comme les précédents, il s'agit souvent de formes à grande répartition.

A. REYMOND (1952) a donné une liste des Hyménoptères observés par lui au Sahara Nord-Occidental.

(1) L. BERLAND, *det.*

5. Planipennes

1. *Myrmeleonidae et Ascalaphidae*. — J. ARBER (1955), qui a étudié nos récoltes, a recensé 17 espèces. Il s'agit surtout de formes à vaste dispersion.

2. *Nemopteridae*. — Trois *Crocini* sont inféodés aux sables des cavités souterraines sèches et des éboulis rocheux, ainsi que je l'ai déjà montré (F. PIERRE, 1950).

6. Diptères (1)

1. *Asilidae et Midaidae*. — Quelques espèces semblent être inféodées aux sables vifs.

2. *Muscidae, Bombyliidae et Therevidae*. — Certaines Mouches peuvent être liées aux sables, indirectement, c'est-à-dire aux matières organiques qui lui sont parfois associées. *Bombyliidae* et *Therevidae* prennent également contact avec le sable dans quelques cas. Nous préciserons au cours de cette étude ce que sont exactement ces rapports.

J'ai en outre assisté, dans les sables du Grand Erg, à l'éclosion d'une Tachinaire : *Dolichotachina marginella* Wied.

7. Hétéroptères

Les *Cydnidae* seuls sont étroitement liés aux sables. Deux *Pentatomidae*, inféodés à la Graminée *Aristida pungens* Desf., manifestent aussi quelque tendance sabulicole. Gravitant autour de cette plante et se réfugiant à son collet, un *Harpactoridae* : *Coranus* sp., mérite aussi d'être signalé².

J'ai encore récolté au pied des plantes, dans les sables du Djebel bet Tadjine, un *Reduviidae* : *Holotrichius* sp., groupe dont les représentants sont surtout liés aux sables littoraux.

8. Homoptères

Les Homoptères du sable sont des Cochenilles *Margarodidae*. Je n'ai observé personnellement que deux espèces : *Margarodes burtoni* Newst., sur *Euphorbia guyoniana* Boiss. et Reut. et le ♂ de *Neomargarodes erythrocephala* Green, capturé la nuit à la lumière. Une troisième : *Neomargarodes trabuti* March., a été signalée par A. S. BALACHOWSKY (1932) sur *Limoniastrum guyonianum* Coss. et Dur., plante de terrains salés qui, lorsqu'elle se développe à proximité des ergs, retient parfois le sable.

(1) E. SÉGUY, *det.*

(2) P. DISPONS (1955) note d'intéressantes observations concernant la biologie de ce groupe en Afrique du Nord.

TABLEAU XXI

Peuplement comparé des différents sables vifs du Sahara Nord-Occidental

Dictyoptères, Isoptères, Hyménoptères

Fréquence Très fréquent +++ Fréquent ++ Peu fréquent + Rare R	Ergs majeurs					Ergs mineurs et sables isolés						Sables des cavités sout.		
	Ergs humides		Ergs S. -humides		Ergs secs	Ergs mineurs	Groupes de dunes Dunes isolées	Sables des rochers		Nappes sableuses	Nebkas		Grottes et cavités rocheuses	Terriers
	Gr. Erg. Occ. Partie W.	E. er Raoui	E. Iguidi Partie N.	E. Iguidi Partie S.	E. Chech			Hamadas	Djebels		Hamadas et regs	Oueds		
DICTYOPTERES CORYDIIDAE						S'apparentent aux ergs majeurs								
<i>Heterogamodes ursina</i> Burm.	+++	+++	++	+			++						++	
" " <i>harterti</i> Chop.								+						
" <i>dumonti</i> Chop.	++													
<i>Nymphrytria mirabilis</i> Shelf.	++	++		+										
ISOPTERES RHINOTERMITIDAE														
<i>Psammotermes hybostoma</i> Desn.	+++	+++	++	++	+			+++					++	
HYMENOPTERES FORMICIDAE														
<i>Cataglyphis (Machaeromyrma) bombycina</i> Roger	++	++	+	+	+									
HYMENOPTERES MUTILLIDAE														
<i>Apterogetona algerica</i> Bisch.	+++	+++												
" <i>nitida</i> Bisch.	+	+												
<i>Apterogetona (?)</i> sp. n°1.	R													
" " " n°2		R												
<i>Ephutomma biskrensis</i> Aud.	+													
" <i>dichroa</i> Sich.														
<i>Myrmilla dorsata</i> F.	+													
<i>Myrmilla (?)</i> sp.		+											+	
HYMENOPTERES METHOCIDAE														
<i>Myzine pici</i> Tourn.	++												++	
<i>Myzine (?)</i> sp. n°1	R													
" " " n°2													R	
" " " n°3													R	
HYMENOPTERES SPHECIDAE														
<i>Sphex (Calosphex) micropectinata</i> Tasch.	++	++									++			
<i>Ammophila (Podalonia) mauritanica</i> Mercet	+++	++	++					+			++			
" " <i>minox</i> Kohl.	++	++						++			++			
" " <i>micipsa</i> Morice	++	++												
<i>Eremochares dolichostoma</i> Kohl.	++	++												
<i>Stizus vespoides</i> Wolck.														
" <i>succineus</i> Klug.											++			
" <i>marthae</i> Handl.					+						++			
" <i>vespiformis</i> F.											++			
HYMENOPTERES POMPILIDAE														
<i>Pompilus niveus</i> Sand.	++	++												
" <i>atrohirtus</i> Kolb.	++	++	++	++	+									
" <i>platyacanthus</i> Kolb.	++													
<i>Gonoporus gracilis</i> Klug	++													
HYMENOPTERES BEMBECIDAE														
<i>Bembex dahlbomi</i> F.														
HYMENOPTERES SCOLIIDAE														
<i>Dielis collaris</i> F.											+			
HYMENOPTERES PHILANTHIDAE														
<i>Philanthus ammochrysus</i> Schulz.	++				R									
HYMENOPTERES LARRIDAE														
<i>Notogonia nigrita</i> Lep.											+			
HYMENOPTERES HALICTIDAE														
<i>Nomia magretti</i> Grib.												++		
<i>Nomioides fasciatus</i> Fried.												++		
" <i>variegata</i> Ol.												++		
" sp. n°1														
" " n°2														

S'apparentent aux ergs majeurs

Peuplement comparé des différents sables vifs du Sahara Nord-Occidental
Planipennes, Diptères, Hétéroptères, Homoptères, Thysanoures
Lépidoptères, Orthoptères, Collemboles

Fréquence Très fréquent +++ Fréquent ++ Peu fréquent + Rare R	Ergs majeurs					Ergs mineurs et sables isolés						Sables des cavités sout.		
	Ergs humides		Ergs S.humides		Ergs secs	Ergs mineurs	Groupes de dunes isolées	Sables des rochers		Nappes sableuses	Nebkas		Grottes et cavités rocheuses	Terriers
	Gr. Erg. Occ. Partie W.	E. er Raoui	E. Iguidi Partie N.	E. Iguidi Partie S.	E. Chech			Hamadas	Djebels		Hamadas et regs	Oueds		
PLANIPENNES MYRMELEONIDAE						S'apparentent aux ergs majeurs								
Myrmecaelurus trigrammus Pall.	+++		++	+			++				+	++		
" lepidus Klug	+		+	+			+							
Holter liber Nav.	+++	++										++		
Neuroleon tenellus Klug	++	++										++		
" microstenus M.L.	++	++												
Cepus curvatus Nav.												++		
Centroclisis cervina Gers					+							++		
Maracanda amoena M.L.		+												
Lopezus fedtschenkoï M.L.			++									++		
Neuroleon africanus Ramb.												++		
Mortier hyalinus Ol.												+		
Micronemurus lepidulus Nav.												+		
Myrmeleon alternans Brullé	+													
Nophis teilhardi Nav.	+	+									+			
Palpares angustus M.L.														
Cueta puella Nav.	+													
PLANIPENNES ASCALAPHIDAE														
Helicomitus barbarus L.												R		
PLANIPENNES NEMOPTERIDAE														
Pterocroce troglophilus Pierre													+++	
Berlandus saharæ Pierre													++	
Croce ougartaë Pierre											+	+	+++	
Halter halteratus Forsk.														
DIPTERES ASILIDAE														
Polysarca satanas Jacobson.	++	++									++			
Apoclea algira F.	++	++									++			
" n. sp.	+													
DIPTERES MYDAIDAE														
Syllegomydas maroccanus Seg.	++													
DIPTERES MUSCIDAE														
Musca angustifrons Macq.	++	++	++	++							++		++	
" vitripennis Meig.	++	++	++	++							++		++	
DIPTERES BOMBYLIDAE														
Exoprosopa grandis Wied.	++	++									++			
DIPTERES THEREVIDAE														
Thereva n. sp.		++												
HETEROPTERES CYDNYDAE														
Peribyssus sp.	++													
Amaurocoris aspericollis Put.	++	++	++	++									++	
Cydnus pilosulus Klug			+	+										
" pallidus Put.	++	++										+		
HETEROPTERES PENTATOMIDAE														
Menaccarus hirticornis Put.	++	++	++	++			+					+		
Sciocoris convexusculus Put.	++	++	++	++			+					+		
HETEROPTERES REDUVIDAE														
Holotrichius sp.											+			
HETEROPTERES HARPACTORIDAE														
Coranus sp.	++	++	++	++										
HOMOPTERES MARGARODIDAE														
Margarodes buxtoni Newst.	+													
Neomargarodes erythrocephala Green (1)	++											+(1)		
" trabuti March.(2)												?		
THYSANOURES LEPISMATIDAE														
Normisma peyerimhoffi Silv.	+++	+++	+++	+	+		+					+		
Normisma (?) sp.				+										
LEPIDOPTERES TINEIDAE														
Gen. sp.	++													
LEPIDOPTERES NOCTUIDAE														
Gen. sp.			++											
ORTHOPTERES ACRIDIDAE														
Eremogryllus hamadae Krauss (3)							++							
Eyalorrhapis calcarata Vos.	++	++	++	++			++	+		+		+		
COLLEMBOLS ONYCHIURIDAE														
Gen. sp.	?													

(1) Capturé à la lumière.
(2) Signalé par A. S. BALACHOWSKY (1932) .
(3) Signalé par B. P. UVAROV et M. A. VOLKONSKY (1939). Voir aussi L. CHOPARD (1953).

9. Thysanoures

Deux genres de la famille des *Lepismatidae* ont chacun un représentant typiquement sabulicole. L'un, *Mormisma peyerimhoffi* Silv., est toujours très abondant.

10. Lépidoptères

Les chenilles de deux ou trois Lépidoptères, indéterminables actuellement¹, ont été souvent observées dans le sable au pied de *Moltkia Callosa* Vahl. (*Borag.*) et de *Calligonum* probablement *azel* Maire (*Polyg.*), où elles tissent pour se déplacer dans le sable « fluide » de la surface de la dune un long tube de soie.

11. Orthoptères (2)

Un *Acrididae* : *Eremogryllus hammadæ* Krauss, dont le comportement a été fort bien étudié dans notre région par B. P. UVAROV et M. A. VOLKONSKY (1939), semble inféodé au sable, dans lequel il s'en-terre d'une façon très particulière.

J'ai aussi observé dans l'Erg er Raoui un Acridien de plus grande taille dont les mœurs rappelaient un peu celles du précédent. Il n'a malheureusement pu être capturé, mais il pourrait s'agir de *Hyalorrhypis calcarata* Vos., fréquent dans les sables.

12. Collemboles

Les *Onychiuridae* (gen. *Onychiurus* et *Tullbergia*) auraient des représentants au pied d'*Aristida pungens* Desf. dans les sables de la Tunisie méridionale (C. DELAMARE DEBOITTEVILLE, comm. verb.). Ces Insectes n'ont pas encore été recherchés en régions sahariennes, mais il n'est pas exclu qu'ils y soient découverts³.

La faune entomologique des sables vifs du Sahara Nord-Occidental peut être ainsi estimée à environ deux cents espèces, assez inégalement réparties dans les différents types d'édifices.

(1) On peut cependant se référer à la liste des récoltes publiée par C. HERBULOT et P. VIETTE (1951).

(2) L. CHOPARD, *det.*

(3) De plus, un Psocoptère, encore indéterminé, erre parfois à la surface du sable dans les grottes sèches (Grotte de la Gara Diba à Béné Abbès). Il peut être également admis dans notre faune.

2. IMPORTANCE ET CARACTÈRE DU PEUPLEMENT DANS LES DIFFÉRENTS SABLES

Les quelque deux cents espèces et sous-espèces citées nous apportent, sans aucune prétention de définitif, une idée déjà satisfaisante de la faune entomologique des sables vifs du Sahara Nord-Occidental. Il est donc possible d'envisager une étude comparée du peuplement en fonction des types d'édifices retenus dans la classification écologique proposée dans la première partie.

1. Ergs majeurs

A. ERGS HUMIDES

1. **Grand Erg Occidental dans sa partie W.** — Cette région est, dans le secteur étudié, la plus richement peuplée. Sa faune comprend une centaine d'espèces. Les endémiques sabulicoles du N-W saharien y sont abondants. Chez les Ténébrionides, ils représentent plus de la moitié de la faune. Ce sont : *Foleya brevicornis* Peyer., *Leptonychus curvicornis* Peyer., *L. pellucidus* Muls. et God., *Erodius dentifer* Peyer., *E. graniventrus* Peyer., *Zophosis plana arenarum* Peyer. in litt., *Sphenaria pierrei* Peyer., *Ammogiton peltieri* Peyer., *Pimelia angulata lesnei* Peyer., *Perithrix granidorsis* Fairm., *Amphithrix peyerimhoffi* Esp.

En ce qui concerne cette partie même de l'erg, l'endémisme est marqué dans le groupe par deux espèces : *Leptonychus curvicornis* Peyer. et *Sphenaria pierrei* Peyer.

2. **Erg er Raoui.** — Le peuplement de cet erg ne diffère pas de façon très sensible de celui du précédent, fait qui ne peut nous surprendre sachant que les qualités écologiques sont en bien des points comparables : situation géographique, eau, caractéristiques des sables, végétation. Un seul endémique : *Leptonychus grassci* Pierre.

Mais, malgré cette analogie profonde de peuplement, on est surpris de voir que certains éléments parmi les plus caractéristiques, des Ténébrionides, posent des problèmes difficilement solubles :

1°) Deux *Pimelia* : *P. angulata lesnei* Peyer. et *P. angulata antiacgypta* Koch, sous-espèces fort constantes, bien différenciées, par-

ticulièrement aptes à la marche, et qui ne peuvent passer inaperçues, ont des aires de répartition qui ne superposent pas.

La première occupe la totalité du Grand Erg Occidental; la seconde les ergs er Raoui, Iguidi et Chech. Dans notre région, les domaines respectifs sont séparés par une étroite zone orientée Nord-Sud et couvrant assez exactement le bassin de l'Oued Saoura.

Si, à propos des ergs Iguidi et Chech, le facteur température peut être invoqué, pour l'Erg er Raoui cela paraît plus difficile car les deux ergs sont situés à peu près à la même latitude. Il en est de même en ce qui concerne l'isolement géographique. Au Nord, les Djebels d'Ougarta constituent une barrière notable, mais dans le Sud, ces ergs ne sont isolés l'un de l'autre que par quelques kilomè-



FIG. 45. — *Sitiphus ammodites* Peyer. FIG. 46. — *Philothis chobauti* Théry.

tres de reg, lits d'oued, accidents rocheux qui, étant donné les nombreux relais que forment des dunes isolées, ne constituent guère un obstacle.

Or, en aucun cas *P. angulata lesnei* Peyer. vers l'W. et *P. angulata antiaegyptia* Koch vers l'E., ne franchissent la Saoura, comme si pour ces deux espèces l'oued jouait le rôle de barrière infranchissable, hypothèse qui en région aride ne peut être retenue.

Tout au plus, sur cette ligne, observe-t-on quelques individus aberrants pour lesquels, si l'expérience le confirmait, nous pourrions peut-être faire intervenir la notion d'hybride.

Il est probable qu'à l'origine interviennent des facteurs historiques. Mais actuellement, ne pourrait-il pas s'agir, sans qu'il soit possible d'en dire plus, d'une « concurrence » interspécifique, les

deux espèces se faisant front et se tenant ainsi réciproquement en échec ?

2°) L'endémisme est marqué dans chacun de ces deux ergs par une forme bien tranchée : *Leptonychus curvicornis* Peyer. dans le Grand Erg Occidental et *L. grassei* Pierre dans l'Erg er Raoui.

Ainsi que je l'ai déjà montré (F. PIERRE, 1950), les *Leptonychus* sont des sabulicoles errants, mais les déplacements de l'adulte à la surface du sable sont fort limités. Leur période d'apparition est brève. Ces traits du comportement ne peuvent manquer d'aboutir à un isolement durable, puisque pour ces Insectes le sable est un milieu parfaitement clos.

En outre, notons déjà que ce dernier point témoigne d'une individualisation relativement ancienne des deux massifs.

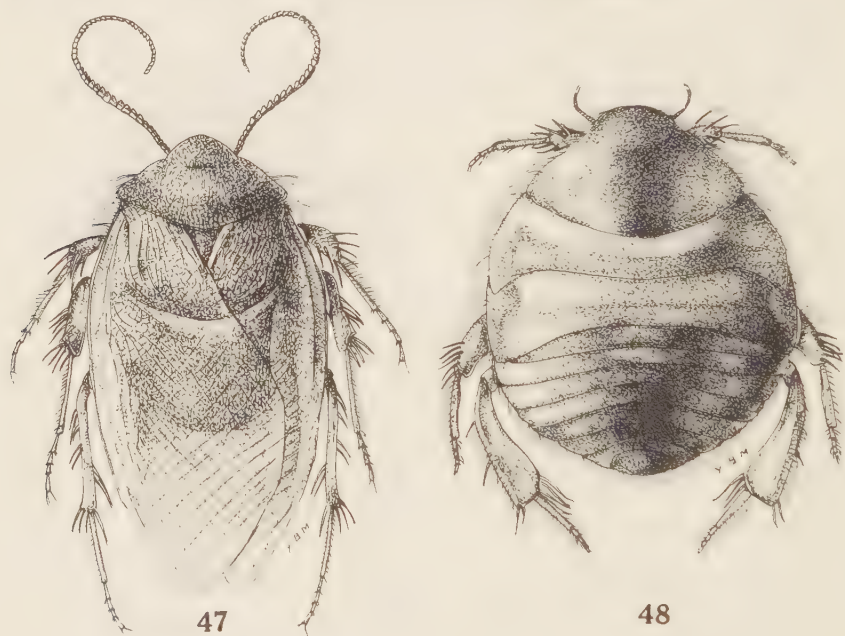


FIG. 47-48. — *Heterogamodes ursina* Burm. ♂ et ♀.

Quant au peuplement des deux ergs considéré dans l'ensemble, constitué de formes ailées ou aptes à des déplacements terrestres importants, ou bien encore maniables au vent qui brasse intensément au printemps la surface de l'erg, on ne peut s'étonner, les conditions écologiques étant à peu près les mêmes, de ce qu'il soit analogue, car les différences numériques qui apparaissent finalement entre les deux massifs (tabl. XXIII) n'ont rien d'absolu. Elles représentent tout au plus un ordre de grandeur, la prospection n'ayant pu être effectuée aussi méthodiquement qu'à Béni Abbès. De plus, il y a lieu

de tenir compte pour le Grand Erg Occidental de quelques éléments imputables à la Saoura qui ne peuvent se manifester dans l'Erg er Raoui.

B. ERGS SEMI-HUMIDES

L'Erg Iguidi, seul représentant de cette catégorie dans notre secteur, n'a pas un peuplement homogène. Sa situation géographique, large extension vers le sud, la répartition des eaux phréatiques et météoriques, plus abondantes au N., peuvent être invoquées quant aux différences qui apparaissent dans le peuplement entre les régions septentrionales et méridionales.

1. **Erg Iguidi Septentrional.** — La faune du Nord de l'Iguidi est analogue à celle des ergs précédemment examinés. Quelques éléments font cependant défaut.

Nous retrouvons là, parmi les Ténébrionides : *Foleya brevicornis* Peyer., *Scelosodis laticolis* Chat., *Ammogiton peltieri* Peyer., *Amphithrix peyerimhoffi* Esp. *Perithrix grandis* Fairm. se cantonne sur l'extrême lisière Nord du massif (Erg el Atchane) où il est, de plus, peu fréquent.

L'endémisme est faiblement marqué par une sous-espèce, *Leptonichus pellucidus iguidiensis* Pierre, forme surtout abondante dans le Sud.

L'ensemble du peuplement par rapport à celui du Grand Erg Occidental est réduit environ de moitié.

2. **Erg Iguidi Méridional.** — Dans cette région, séparée de la précédente par une zone de dunes peu nourries et parsemées ou coupées d'immenses taïerts, nous voyons, malgré une humidité encore notable, disparaître les derniers éléments caractéristiques des grands ergs du Nord sans que leur remplacement ne soit assuré par aucun autre.

Demeurent présents quelques sabulicoles à grande répartition, dont un, parmi les Ténébrionides, forme une sous-espèce : *Erodinus erilipes* subsp. A celle-ci s'ajoute *Leptonichus pellucidus iguidiensis* Pierre dont l'endémisme a déjà été retenu.

Le total des éléments présents dans cette partie de l'Iguidi se trouve encore réduit d'une dizaine d'unités.

Dans l'Erg Iguidi, un oued à sous-écoulement permanent, l'Oued Daoura, joue, en ce qui concerne la pénétration vers le sud des formes septentrionales, le rôle de la Saoura (et peut-être du Namous) dans le Grand Erg Occidental, mais à une bien moindre échelle. C'est ainsi que dans les nebkas se formant au pied des Tamarix bordant cet oued, j'ai pu observer, ainsi que nous l'avions déjà fait en compagnie d'A. REYMOND sur la Saoura, *Brachyestes gastonis* Fairm., Ténébrionide sabulicole de la bordure nord-saharienne, qui atteint

ainsi, sporadiquement, les limites méridionales de son aire de répartition. Il en est de même, semble-t-il, pour *Leptonychus reymondi* Pierre (F. PIERRE, 1954).

C. ERGS SECS

Erg Chech. — On peut difficilement parler du peuplement sabulicole de l'Erg Chech, tant il est restreint et peu individualisé.

Cependant, parmi les quelques éléments que nous avons observés, *Euthryptera griseus* Fairm. (*Teneb.*) est assez inattendu. En effet, cette espèce, fréquente dans le Sud-Est algérien et dans le Sud tuni-



FIG. 49. — *Myzine pici* Tourn.



FIG. 50. — *Peribyssus* sp.

sien, ne s'étend pas vers l'Ouest. J'ai cependant vu un exemplaire récolté à Bou Bernous (Sud de l'Iguidi) dans les collections du Muséum. Quoi qu'il en soit, elle paraît très sporadique et sa présence est assez insolite. Ajoutons qu'elle semble liée aux sables vifs retenus par des végétaux dont les exsudations tendent à saler le sable sans en modifier la mobilité et que son biotope optimal, d'après ce que j'ai pu voir en 1938 dans la région de Touggourt, se situe dans des régions où l'aridité est atténuée par d'immenses sebkhas.

Son extension jusqu'au Chech et l'Iguidi pose un problème à peu près insoluble. Date-t-elle des pluviaux quaternaires qu'entrevoient plus au Nord les géologues (H. ALIMEN et *alt.*, 1952) ? Dans ce cas, l'espèce se maintiendrait depuis à la faveur de brefs épisodes

humides récents¹, dont l'existence est indiquée par des lambeaux de limon où se sont développés des *Tamarix*, et dont le tronc a pu atteindre une taille suffisante pour « éclater » par la suite sous l'effet de l'intense sécheresse qui est de nos jours la règle dans cette région.

Les Hyménoptères du Chech méritent aussi une mention spéciale. Si certains : *Nomioïdes* sp. n° 1 et 2, *Phylanthus ammochrysus* Schulz par exemple, peuvent trouver le moyen de subsister à proximité de rares touffes de *Traganum nudatum* Del. (*Chenop.*), xérophyte par excellence, pour d'autres, plus exigeants quant aux conditions écologiques, le maintien ne semble pas possible. C'est notamment le cas de *Stizus marthae* Handl., hôte habituel des oasis qui, à 100 km des palmeraies du Touat, échoua totalement « désorienté » sur notre épaule.

Bien qu'étrangères au sable les *Eremiaphila*² doivent être signa-

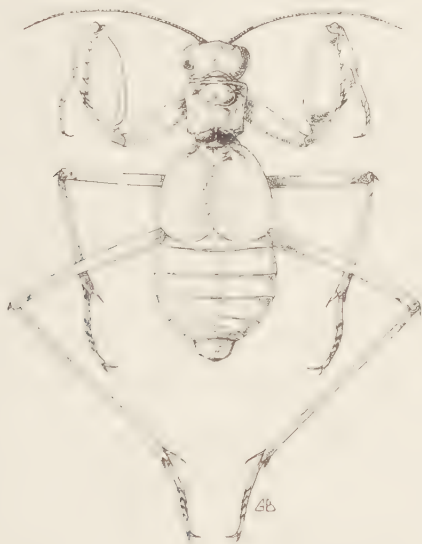


FIG. 51. — *Eremiaphila pierrei* Chop.,
des regs de l'Erg Chech (Nifil).

lées dans ce type d'erg car, très abondantes, elles constituent un ennemi sérieux pour les formes ailées lorsque ces dernières se trouvent accidentellement conduites sur les immenses taïerts, biotopes de nos prédateurs.

(1) Dont l'origine, tant pour les pluviaux que pour les épisodes plus brefs, devrait être recherchée bien plus dans les pulsations de l'Oued Messaoud, prolongement de l'Oued Saoura issu du Nord, que dans les précipitations locales.

(2) T. MONOD in L. CHOPARD (1955) rapporte que *Heteronotarsus arenivagus* Chop., d'un groupe voisin, serait en Mauritanie plus ou moins lié aux « sables orangés à gros grains ».

Une espèce particulière hante les taïerts du Chech : *Eremiaphila pierrei* Chop. (fig. 51).

2. Ergs mineurs et sables isolés

1. **Ergs mineurs.** — Les ergs mineurs n'ont pas de faune particulière. Les quelques formes qui peuvent s'y trouver ne semblent pas y effectuer leur entier développement. Ce sont des éléments issus des grands ensembles voisins qui échouent là au cours des vicissitudes de leur existence.

C'est ce rôle d'asile ou de relais qu'il convient simplement de souligner.

2. **Groupes de dunes et dunes isolées.** — Le principal caractère écologique de ces biotopes est la granulométrie du sable, considérablement plus fine que dans les ergs. Ce facteur régit de plus, nous l'avons vu dans la première partie, plusieurs des propriétés physiques du sable. Les conditions écologiques réalisées dans ces sables aboutissent à un type de biotope qui s'écarte notablement de celui que nous offrent les sables de plein erg. La bordure des ergs, où le sable est souvent plus fin qu'à l'intérieur, dans quelques cas, pourrait néanmoins lui être rattachée.

Parmi les Ténébrionides, *Leucolacphus liliputanus* Luc. et *Pimelia subquadrata valdani* Guér. en sont les éléments les plus caractéristiques au Nord¹. Dans le Sud, et aussi à l'W, *Storthocnemis steckeri* Karsch., bien que beaucoup plus rare, semblerait remplir ce rôle, ainsi que *Scelosodis alluaudi* Peyer.

Près de quarante espèces peuvent être rencontrées, au total, dans ce faciès.

Ces formations interviennent aussi en tant que relais ou refuges.

3. **Sables des rochers.** — Ces ensablements légers et partiels des surfaces rocheuses ont une faune très particulière. Cette faune est approximativement la même sur les plans rocheux des djebels et sur les hamadas. Dans la région où ce peuplement a surtout été étudié, Hamada du Guir, Djebels d'Ongarta et bet Tadjine, on notera dans les Ténébrionides les formes caractéristiques suivantes :

a. Djebels d'Ongarta et Hamada du Guir. — *Leptonychus sabulicola* Chob., *Erodium singularis* Peyer. in litt., *Zophosis wollastoni* Deyr., *Z. mozabita* Fairm., *Storthocnemis patrizii* Grid.

b. Djebel bet Tadjine. — *Erodium singularis* Peyer in litt., *E. nov. sp.*, *Storthocnemis antoinei* Esp.

L'endémisme est marqué par *Erodium singularis* Peyer. in litt., *E. nov. sp.*, *Storthocnemis antoinei* Esp., *S. nov. sp.*

(1) Ainsi que *Heteracantha depressa* Brullé (Harp.) et *Eremogryllus hamadae* Krauss (Acrid.), que je n'ai pu moi-même observer.

**Valeur qualitative du peuplement
dans les différents sables vifs du Sahara Nord-Occidental**

Groupes	Total des especes subulcolles pour le Sahara N. Occ.	Ergs majeurs				Ergs mineurs et sables isolés				Sables des cavités sout.					
		Ergs humides		Ergs S. humides		Ergs secs		Ergs mineurs	Groupes de dunes	Sables des rochers		Nappes sableuses	Nebkas		
		Gr. Erg. Occ. Partie W.	E. er Raoui	E. Igoudi Partie N.	E. Igoudi Partie S.	E. Chech	Hamadas			Dyebels	Hamadas et regs		Oueds		
COLEOPTERES	125	60	52	32	20	8			29	13	15	37	11	43	1
<i>Tenebrionidae</i>	58	23	21	15	9	7			18	13	15	10	9	20	
<i>Scarabaeoidea</i>	43	25	21	8	6							21		12	
<i>Histeridae</i>	10	3	3	2								2		5	1
<i>Dermostidae</i>	3	3	2	2	2			1	1					2	
<i>Caraboidea</i>	5	2	3	2	1				1			2		3	
<i>Liodidae</i>	1								1			1		1	
<i>Anthicidae</i>	2	2	1		2	1					2		2		
<i>Curculionidae</i>	4	2	1	2	2							1			
DICTYOPTERES	4	3	2	1	2				1	1				1	
ISOPTERES	1	1	1	1	1	1			1					1	
HYMENOPTERES	35	18	12	3	2	6			3			12		5	
PLANIPENNES	21	8	5	3	2	2			2		1	1	1	11	3
DIPTERES	3	7	6	2	2									2	
HETEROPTERES	8	6	5	5	5				2		1			4	
HOMOPTERES	3	1	1									1			
THYSANOURES	2	1	1	1	2	1			1					1	
LEPIDOPTERES	2	1		1											
ORTHOPTERES	2	1	1	1	1				2	1		1		1	
COLLEMBOLES (?)															
Total.....	212	107	86	50	37	18		Comparables aux ergs majeurs	41	15	17	57	12	69	1

Au total, la faune de ces sables comprend une quinzaine d'espèces.

4. **Nappes sableuses.** — La caractéristique écologique essentielle de ce faciès, il y a lieu de le rappeler, est la présence, à une faible profondeur, d'une humidité importante et généralement durable, ce qui l'éloigne des autres milieux. Cette humidité qui tend à fixer le sable, entretient souvent une végétation dense à l'échelle du désert. Son peuplement, peu spécialisé, est essentiellement fait d'espèces à grande répartition : une cinquantaine d'espèces où dominent des Coléoptères Scarabéides, des Hyménoptères, le plus souvent, dans les deux cas, à grande répartition.

5. **Nebkas.** — En plus du rôle d'oasis qu'elles sont souvent appelées à jouer pour les errants du désert, les nebkas ont quelques éléments qui leur sont propres. Nous pouvons distinguer deux types de faciès :

a. *Nebkas des hamadas et des regs.* — Il peut s'agir de buttes importantes mais le plus souvent ce n'est qu'un peu de sable retenu par la végétation basse ou plaquée au sol.

Deux Coléoptères *Curculionides* : *Depresseremiarhinus elongatus* Desbr. et *Gronops jekeli* All. semblent liés à ce milieu.

Le peuplement comprend au total une dizaine d'espèces.

b. *Nebkas des oueds.* — De taille variable, parfois très volumineuse, ces buttes de sable hébergent au total une cinquantaine d'espèces formant un peuplement sans grand caractère. La plupart des formes qui se rencontrent là sont généralement issues des grands ensembles voisins. Ces formations abritent, lorsqu'elles sont situées sur des oueds importants du type Saoura, ainsi que nous l'avons vu plus haut, des formes originaires des régions bordières et drainées selon toute vraisemblance par l'oued au cours de ses crues, tel que le Ténébrionide *Brachyestes gastonis* Fairm., et qui se maintiennent par places.

3. Sables des cavités souterraines

Leur faune est très restreinte. Dans les deux types de cavités qui peuvent être retenues ici, on note :

1. **Sables des grottes et cavités rocheuses.** — Quelques Plannipennes *Nemopteridae*, fréquentent, à l'état larvaire, la surface du sable.

2. **Sables des terriers.** — Un Coléoptère *Histeridae* : *Saprinus*

sp., probablement lié davantage aux proies, à l'humidité du terrier et aux matières azotées, qu'au sable¹.

3. STADE ET QUALITÉS DU MILIEU

Les différents états des Insectes sabulicoles constituent autant de phases nécessitant chacune des conditions écologiques particulières sur lesquelles nous nous devons d'attirer l'attention avant de poursuivre cette étude².

Ce fait est très sensible en ce qui concerne les vrais sabulicoles dont le cycle s'accomplit entièrement au contact du sable. Il prend bien entendu toute son importance chez les holométaboles et là, les Ténébrionides surtout, nous en montrent des aspects inattendus.

Errante ou bien localisée dans la profondeur, la larve des holométaboles est en général beaucoup plus difficile à observer que l'adulte qui, lui, s'installe au pied des végétaux ou se déplace à la surface du sable. La nymphe, toujours enterrée profondément, ne se rencontre que très exceptionnellement et sa recherche nécessite d'importants déblais.

Chez les hétérométaboles l'observation des premiers stades est beaucoup plus aisée car, généralement, la larve et l'adulte cohabitent.

1. Coléoptères

1. **Tenebrionidae.** — Dans cette famille, les larves observées peuvent être attribuées aux espèces³ suivantes : 1) *Erodiini* : *Leptonychus curvicornis* Peyer., *Erodius exilipes* Luc., *E. graniventrus* Peyer.; 2) *Tentyriini* : *Scelosodis laticollis* Chat., *Ammogiton peltieri* Peyer.; 3) *Pimeliini* : *Prionothecca coronata* Ol., *Pimelia subquadrata valdani* Guér., *P. angulata lesnei* Peyer., *P. angulata antiacgypta* Koch; 4) *Opatrini* : *Perithrix granidorsis* Fairm.

Toutes ces larves ont leur biotope dans le sable meuble de la couche de surface.

Certaines, celles des *Erodiini*, des *Tentyriini*, des *Pimeliini*, sont errantes; d'autres, celles des *Opatrini*, demeurent au pied des végétaux.

(1) La présence de certains Coléoptères *Staphylinidae* confirmerait ce point (J. JARRIGE, 1956).

(2) On se reportera aussi au ch. IV, § 8.

(3) Pour certaines, l'attribution a été faite après élevage; pour d'autres, j'ai procédé par déduction en m'appuyant sur les caractères génériques. En régions sahariennes où la faune est très limitée et dans un milieu aussi hermétique que le sable et dont le peuplement peut être parfaitement connu, cette méthode offre quelque garantie.

Chez les espèces du genre *Orycara*, *O. lavocati* Esp. notamment, et chez *Pimelia grandis latastei* Sén. (fig. 52), on peut en outre remarquer que si la larve est franchement sabulicole, l'adulte, par contre, ne manifeste aucune tendance de cet ordre.

La nymphose a été observée chez *Erodius graniventrus* Peyer., *Pimelia grandis latastei* Sen. et *Perithrix granidorsis* Fairm. Elle avait lieu dans la profondeur du sable sec à proximité du sable humide, donc en atmosphère saturée. Pour *E. graniventrus* Peyer. et *P. granidorsis* Fairm., elle s'effectuait à proximité d'un végétal alors que *Pimelia grandis latastei* Sen. se nymphosait très loin de celui-ci.



FIG. 52. — *Pimelia grandis latastei* Sén.

L'adulte s'installe toujours, sans exception, dans le sable sec. Il peut fréquenter la proximité des végétaux ou au moins s'y réfugier : *Scelosodis laticollis* Chat., *S. althaudi* Peyer., *Eurycaulus reymondii* Esp., *Platynosum* nov. sp., *Perithrix granidorsis* Fairm., *Amphithrix peyerimhoffi* Esp., *Brachyestes gastonis* Fairm., *Cacidiu auriculatus* Chob.; ou bien s'enfouir en dehors de toute végétation : *Foleya brevicornis* Peyer., tous les représentants des genres *Leptonychus* et *Erodius*, *Ammogiton peltieri* Peyer.; ou bien encore se creuser un terrier dont l'emplacement est dans la majeure partie des cas indépendant de la végétation : les *Platyopini* et les *Pimeliini*.

2. **Scarabaeoidea.** — Une longue étude taxonomique serait nécessaire pour pouvoir rapporter avec quelque certitude aux imagos

les nombreuses larves observées au cours des différentes campagnes. Il est cependant possible d'affirmer qu'aucune ne fréquente le sable sec¹, leur biotope s'établissant dans le sable humide à proximité des tiges souterraines des végétaux ligneux le plus souvent (*Tamarix*, *Calligonum*, *Ephedra*). Certaines semblent inféodées à la végétation des points d'eau, témoin l'éclosion massive et brève d'*Anomala bleusei* Chob. observée au crépuscule le 14 mai 1947 en compagnie d'André REYMOND, dans un peuplement serré de *Phragmites communis* Trin. var. *Isiacus* Del., au puits de Zguilma, dans l'erg er Raoui.

Nous avons vu (Part. I, ch. V) que le terreau qui peut se former à ce niveau est aussi le siège d'une vie larvaire importante et que là dominant des larves Scarabéides. Le système radiculaire du Palmier, particulièrement dense, héberge également certaines de ces larves.

Notons encore que les larves d'*Eubolbitus sicardi* Reitt., qu'il ne m'a pas été donné d'observer, pourraient bien avoir quelque rapport avec les champignons hypogés, suivant la tendance habituelle du groupe.

La nymphose des Scarabéides, remarquée çà et là, a lieu dans le sable profond franchement humide.

Quant à l'adulte, s'il est fréquent de l'observer dans le sable sec, tout au moins les formes les plus spécialisées (les *Eremazus*, *Sitiphus ammodites* Peyer., *Psammobius laericollis* Klug, P. nov. sp., *Glaresis handlirschi* Reitt.), c'est toujours au pied de la végétation.

Scarabeus sacer L. et *S. janssensianus* Auber ont dans l'erg le comportement habituel du genre; mais ce comportement est le plus souvent matinal, vespéral ou même franchement nocturne (*S. janssensianus* Auber).

En ce qui concerne les autres espèces, nocturnes ou crépusculaires, leur vie paraît extrêmement brève et il ne m'a guère été donné de les rencontrer dans le sable.

Les cétoines toutefois font exception. Fréquentes au pied des végétaux, elles peuvent au début du printemps visiter les fleurs (*Trapinota bleusi* Bed., *Thyreogonia costata* Luc., *Oxythyrea subcalva* Muls.) jusque vers 10-11 heures. Deux formes de plein erg : *Thyreogonia costata* Luc. et *Enoplotarsus deserticola* Luc. n'ont été vues ailleurs que dans le sable une seule fois, mais en nombre, dans l'Erg Iguidi septentrional, le 10 avril 1952 vers 17 h 00, « perchées » sur la Graminée de l'erg *Aristida pungens* Desf., par temps orageux.

Enfin, *Dicranoplia deserticola* Luc., floricole, vole le jour, au début du printemps, dans le Grand Erg Occidental.

3. **Histeridae.** — Les larves et les nymphes des formes franchement sabulicoles ont toujours échappé à mes observations. L'adulte n'a jamais été vu ailleurs que dans le sable; quelques espèces viennent cependant aux lumières. Il fréquente le sable sec

(1) Il y aurait cependant lieu de vérifier ce point chez les *Eremazus*.

au pied des plantes et semble préférer la proximité des végétaux ligneux (*Tamarix*, *Calligonum*, *Ephedra*...).

Fait exception *Saprinus sypbar* Reitt., strictement inféodé à la partie souterraine de la hampe des Orobanches, riche en eau. Il est là présent à tous les stades, élément important de la riche et dense biocénose qui se trouve constituée à ce niveau (Pl. XI, fig. 2).

4. **Dermestidae.** — Les Dermestides du sable semblent bien effectuer leur entier développement dans le sable sec et manifestent une indifférence évidente à l'égard de la végétation.

5. **Caraboidea.** — Les larves d'*Anthia sexmaculata* F. et d'*A. renator* F. s'enterrent le jour dans le sable à proximité de la végétation. Elles ne quittent leur refuge que la nuit pour rechercher leurs proies. L'adulte est essentiellement nocturne. Il est apte au fouissement, mais se réfugie volontiers le jour sous les touffes ombreuses que forment certains végétaux (*Euphorbia Guyoniana* Boiss. et Reut. notamment, dans la région de Béni Abbès). *Graphopterus serrator* Forsk. bien que surtout diurne, présente un comportement assez analogue; sa larve ne semble pas quitter le sable.

Blausea deserticola Bed., espèce remarquablement apte à la vie sabulicole, est des plus sporadique. Son apparition au désert semble liée aux pluviosités temporairement accrues. L'adulte se manifeste au crépuscule et la nuit, venant alors à la lumière. La larve n'a pu être observée.

6. **Liodidae, Anthicidae, Curculionidae.** — La biologie du Liodide *Chobeautiella deserticola* Reitt. est totalement inconnue. L'adulte n'a été capturé qu'une seule fois la nuit à la lumière. On sait que de nombreux Liodides sont inféodés aux champignons souterrains, rappelons-le à ce propos.

La biologie des Anthicides du genre *Mecynotarsus* est également inconnue. L'adulte est phytophage (*Tamarix* sp. diverses pour *Mecynotarsus semicinctus* Woll. et *Ephedra alata* Dec. pour *M.* sp.).

Enfin, quant aux Curculionides, je n'ai pu obtenir de renseignements que sur la biologie d'*Eremiarhinus margarinetus* Fairm. La larve paraît se développer sur la Crucifère *Malcolmia aegytiaca* Spreng. dans le sable autour de la tige, à une vingtaine de centimètres de profondeur. La nymphose a lieu à cet endroit. L'adulte n'est visible sur la plante que le matin et le soir; pendant l'heure chaude il se réfugie au collet de celle-ci. En ce qui concerne *Depresseremiarhinus elongatus* Desbr. et *Gronops jekeli* All., l'adulte seul a été remarqué. Il vit au collet des divers végétaux dès que ceux-ci retiennent un peu de sable, mais se rencontrent aussi parfois sous les pierres. L'extraordinaire *Eleonus gigas* Mars., à l'état adulte, erre autour de la *Chenopodiaceae Cornulata monacantha* Del.

2. Dictyoptères

Nous savons que chez les *Corydiidae* le ♂ seul est ailé. Il est nocturne, vient à la lumière et se réfugie dans le sable au pied des plantes. La larve et l'adulte passent leur vie entière dans le sable à proximité de la végétation.

3. Autres ordres

L'immense problème des Insectes sociaux, Termites et Fourmis, par son importance, est hors de notre sujet. On se reportera ici aux travaux de P.-P. GRASSÉ et C. NOÏROT (1948) pour les Termites et à ceux de F. BERNARD (1948, 1951, 1953) pour les Fourmis, lesquels comportent aussi quelques renseignements sur les Termites.

Chez les *Hyménoptères*, la ♀ surtout a quelques rapports avec le sable. Font exceptions certains *Mutillidae* et les *Methocidae* dont la biologie est mal connue. Les espèces observées ont été récoltées dans le sable au pied des végétaux.

On ne remarque rien de particulier chez les Planipennes, mis à part les *Nemopteridae* *Crocini* dont la larve fréquente la surface des sables des cavités souterraines, se nymphose dans un cocon déposé à la surface du sable, et dont l'adulte, très éphémère, vole la nuit au dehors et est attiré par les lumières (F. PIERRE, 1950).

Chez les Diptères, les larves d'Asilides se développent au pied des végétaux dans la profondeur du sable humide. La nymphose a également lieu à ce niveau.

La larve de *Musca augustifrons* Macq. et celle de *M. vitripennis* Meig. paraissent dans quelques cas se développer dans le sable, car j'ai assisté une fois dans le Grand Erg à l'éclosion de ces Diptères; mais ce développement s'accomplit probablement dans des matières organiques tels que des *excreta* enterrés dans le sable par le vent, sur des cadavres de Rongeurs au fond de leur terrier, ou même dans le milieu organique que la présence de ces derniers entraîne. Les pupariums se remarquent en effet souvent dans le sable au pied des végétaux où sont creusés les terriers, ainsi que dans ceux-ci. Cependant, en ce qui concerne l'éventualité d'un biotope pour la larve dans la masse même du sable, cette idée doit être rejetée, la matière organique n'étant présente qu'à l'état de trace dans les couches de surface; quant aux nodules de terreau qui apparaissent parfois dans la profondeur, ils ne semblent pas pouvoir être atteints. D'ailleurs, ni la larve, ni la pupe, n'ont pu être observées.

En régions ultra-arides l'adulte semble s'alimenter dans certains cas de la sève sucrée d'*Aristida pungens* Desf. (Gram.) qui

(1) Peut aussi se rencontrer sur *Farsetia aegyptiaca* Turra (Cruc.).

suinte à la suite de l'attaque des Hémiptères inféodés à la plante, car, précisons le, les pièces buccales de nos Diptères ne sont nullement conformées pour en perforer la tige assez résistante.

Les Hétéroptères *Cydnidae*, seuls vrais subulicoles de l'ordre, demeurent pendant les premiers stades dans le sable sec, étroitement liés à la végétation. L'adulte vole la nuit et vient aux lumières.

Nous ne nous étendrons pas sur les Homoptères *Margarodidae* qui n'ont été rencontrés que très rarement. Le ♂ de *Ncomargarodes erythrocephala* Green a été capturé à la lumière et aussi dans le sable au pied de *Calligonum Azel* Maire, dans l'erg er Raoui. Les kystes de *Margarodes burtoni* Newst., observés dans le sable à une faible profondeur, sont fixés sur la tige d'*Euphorbia guyoniana* Boiss. et Reut.

Chez les Thysanoures *Lepismatidae*, l'entier développement de *Mormisma pycerimhoffi* Silv. s'accomplit dans la zone supérieure du sable sec. Bien qu'installés peu profondément, ils ne se rencontrent que très exceptionnellement en surface où, par ailleurs, s'ils s'y trouvent conduits, ils se déplacent avec une très grande rapidité. Nous ajouterons, bien que ces Insectes affectionnent la proximité des végétaux, que leur domaine s'étend jusqu'aux sites les plus imprévus tels que le sif de la dune ou les sables éoliens des cavités souterraines sèches où leur présence a toutefois là un caractère accidentel.

Deux chenilles de Lépidoptère manifestent quelques tendances sabulicoles : une chenille de *Noctuidae* qui se développant sur *Calligonum azel* Maire, se laisse fréquemment recouvrir par le sable et une chenille de *Tineidae* qui, se développant sur *Molktia callosa* Vahl., se tisse un long tube de soie et évite ainsi le contact du sable.

A propos des Orthoptères *Acrididae*, mentionnons une espèce : *Hyalorripis calcarata* Vos. probablement, dont l'adulte s'enterre partiellement à la tombée de la nuit.

Enfin, quant à *Eremogrillus hamadae* Krauss que je n'ai pu personnellement observer, mais dont le comportement sabulicole atteint un degré remarquablement élevé, on se reportera à la bonne étude de B.P. UVAROV et M. A. VOLKONSKY (1939).

..

Il se dégage de l'étude de l'ensemble du peuplement entomologique que :

1° Deux faunes bien distinctes se trouvent en présence dans les sables du Sahara Nord-Occidental :

a. La faune des grands ergs, peu différenciée d'un massif à l'autre, progressivement appauvrie vers le Sud.

b. La faune des dunes isolées et ensablements légers, particulièrement bien caractérisée sur les hamadas et dans les djebels, mais ne s'étendant guère vers le Sud.

2° Dans ces faunes, deux tendances écologiques assez nettes.

fonction de la siccité ou de l'humidité du milieu, peuvent être mises en évidence :

a. Une *tendance essentiellement xérophile*, dont les éléments se recrutent surtout chez les Coléoptères *Tenebrionidae* et peut-être chez les *Histeridae*¹, chez les Dytioptères *Corydiidae*, chez les Thyranoures *Lepismatidae* et dans la composition de laquelle entrent encore quelques Coléoptères *Dermestidae*, *Caraboidea*, plusieurs Hyménoptères *Methocidae* et *Formicidae*, quelques Hétéroptères *Cydnyidae* et Homoptères *Margorididae*.

b. Une *tendance nettement hygrophile*, presque uniquement formée par les Coléoptères *Scarabaeoidea*.

(1) Avec réserves, la biologie des larves m'étant inconnue.

CHAPITRE II

PARTICULARITÉS MORPHOLOGIQUES DES SABULICOLES

Il paraît bien difficile de ne pas admettre lorsque l'on étudie des formes aussi spécialisées que celles qui donnent à la faune entomologique des sables vifs son caractère essentiel, que la présence de certains types, morphologiques surtout, mais aussi physiologiques et éthologiques, coïncide de façon constante avec les mêmes types de milieu.

L'exception à ce fait que l'on serait tenté de voir chez les formes moins étroitement inféodées à un milieu donné n'est en réalité qu'apparente, car telle ou telle particularité qui ne peut être qu'à peine ébauchée ou même inexistante à l'un des stades est par contre toujours parfaitement notable à l'autre.

D'une façon générale, et cela semble devenir une règle à la lueur des monographies écologiques publiées ces derniers temps¹, lorsque l'on considère un même groupe, identité de milieu signifie souvent identité de caractères².

Cette analogie paraît évidente dans l'excellent exemple qui nous a déjà servi et nous servira tout au long de cette étude : sables vifs continentaux et sables vifs littoraux, dont les peuplements sont par leurs particularités très comparables, bien que les éléments qui les composent soient qualitativement différents.

On est alors immédiatement conduit à adopter pour la faune entomologique du sable un point de vue assez voisin de celui du Botaniste L. EMBERGER (1951, 1952), point de vue qui tend à vouloir que des groupements végétaux très éloignés géographiquement soient écologiquement équivalents lorsque les milieux sont identiques.

1. GÉNÉRALITÉS

Morphologiquement, le type sabulicole a pour principal caractère un développement excessif de certains organes, de l'appareil sensil-

(1) C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE (1951), en particulier.

(2) H. GISIN (1943) va même jusqu'à établir une classification écologique des Collembolles basée sur leurs particularités morphologiques, problème également envisagé par C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE cité ci-dessus. Cet aspect de l'écologie n'avait cependant pas échappé ni aux océanographes ni aux botanistes qui en tirent fréquemment argument en ce sens.

laire et de la patte notamment. Chez les formes les plus étroitement liées au sable, ces hypertrophies tendent à se généraliser et aboutissent à une structure très spéciale, structure tout aussi particulière que celle qui se remarque dans le type endogée, bien qu'en aucun cas elle ne puisse pourtant lui être rattachée.

Ces hypertrophies ne suivent pas une ligne évolutive uniforme. Elles semblent s'orienter selon deux tendances, nettement opposées, pouvant être soit une contraction soit, tout au contraire, un étirement. Les deux tendances se superposent parfois chez les larves.

Une pseudophysogastrie au sens de R. PAULIAN (1943) s'observe en outre chez de nombreuses formes.

On peut également noter que ces particularités sont d'autant plus accentuées que la spécialisation écologique est plus grande.

La taille des sabulicoles est comprise pour la faune de notre région entre 2,5 mm (*Psammobius laevicollis* Klug., Col. *Scarab.*) et 40 mm (*Prionothea coronata* Ol., Col. *Teneb.*, *Anthia sexmaculata* F., Col. *Ant.*). Elle atteint par exception 55 mm chez *Anthia venator* L.

Sous l'angle où l'envisage la systématique, la forme, ou plus exactement l'espèce même, est chez de nombreux sabulicoles, chez les Coléoptères Ténébrionides en particulier, assez variable. Cependant, la taille et l'aspect, contrairement à ce que laisserait supposer la rudesse du milieu, sont à peu près constants. Les malformations, de l'ordre de celles qui peuvent résulter d'incidents climatiques se produisent au moment de la nymphose dès que l'on s'éloigne de l'optimum écologique (expériences de J. LECLERCQ, 1947-1948, sur *Tenebrio molitor* L.), sont peu fréquentes.

2. COLÉOPTÈRES TÉNÉBRIONIDES

1. Types morphologiques

1. **Principaux types larvaires.** — Les larves de Ténébrionides sabulicoles sont surtout caractérisées par une forte hypertrophie de l'ensemble des appareils sensillaires. Sur le corps, la densité de ces sensilles est assez variable; elles peuvent être uniformément réparties, ou bien localisées en divers points et former alors des bouquets ou des lignes sensoriels d'importance plus ou moins grande. Sur la patte, par contre, ce système sensoriel est toujours très développé.

A cet extraordinaire développement de l'appareil sensillaire peut s'ajouter, caractère tout aussi constant que le précédent, l'hypertrophie de la patte elle-même dans son ensemble et, plus particulièrement, de l'ongle.

Quatre types morphologiques principaux peuvent être distingués chez les vrais sabulicoles (tabl. XXIV) :

a. *Type érodien*. — Il s'agit d'un type remarquablement spécialisé (fig. 53). Le corps, fortement étranglé dans sa partie antérieure, est court et robuste. Il porte un dense revêtement de sensilles très particulières. La patte est munie d'un ongle tridenté extrêmement puissant (fig. 96). Le système musculaire atteint un développement considérable.

J'ai pu étudier dans ce type : *Leptonychus curvicornis* Peyer., *Erodius exilipes* Luc. et *E. graniventris* Peyer.

b. *Type tentyrien*. — Corps, à l'inverse du type précédent, long et grêle (fig. 54), en majeure partie glabre : sensilles très développées,

TABLEAU XXIV

**Particularités morphologiques
des Coléoptères Ténébrionides psammobies
du Sahara Nord-Occidental
(Larves)**

Types morphologiques	Hypertrophie sensillaire	Contraction du corps	Dépigmentation	Contraction de la patte	Hypertrophie ongulaire	Ciliation
1. TYPE ÉRODIEN (Fouisseur-errant)	+	+	+	+	+	+
2. TYPE TENTYRIEN (Fouisseur-errant)	+	—	+	+	+	+
3. TYPE PIMÉLIEN (Fouisseur-errant)	+	—	+	+	+	+
4. TYPE OPATRIEN (Fouisseur-satellite) ...	+	+	—	+	+	+

spécialisées, mais assez localisées. Ongle simple et peu hypertrophié (fig. 97). Me sont connues dans ce type : les larves d'*Ammogiton peltieri* Peyer. et de *Scelosodis laticollis* Chat.

c. *Type pimélien*. — Corps assez long et robuste (fig. 55), portant des sensilles assez fortement développées, surtout réparties à la périphérie des sclérites. Ongle plus ou moins hypertrophié, mais toujours en forme de palette (fig. 98). Ont été examinées les larves de : *Prionothea coronata* Ol., *Pimelia subquadrata raldani* Guér.,

P. angulata lesnei Peyer., *P. angulata antiacgypta* Koch, et de *P. grandis latastei* Sén.

A ce type appartient encore, selon toute vraisemblance, et si l'on en juge par la morphologie de l'adulte (et du point de vue qui nous occupe) tout un groupe de *Platyopini* aberrants typiquement sabulicoles (genres *Leucolacphus*, *Storthocnemis*, *Pseudostorthocnemis*) dont les larves, malgré de nombreuses recherches, me sont demeurées inconnues.

d. *Type opatrien*. — La larve de *Perithrix granidorsis* Fairm. m'est seule connue (fig. 56). Courte et large, elle est d'aspects extrêmement contracté. Le système sensillaire que porte les sclérites est assez différent de celui des types précédents. La patte, manifestement fouisseuse, est munie d'une griffe assez forte, mais cependant peu spécialisée (fig. 99).

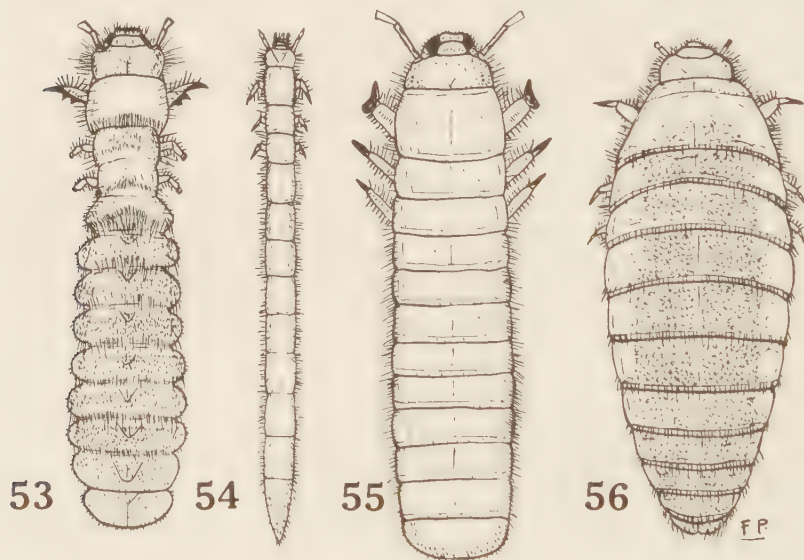


FIG. 53-56. — Larves de Ténébrionides sabulicoles.

53. *Erodium graniventris* Peyer. — 54. *Ammogiton peltieri* Peyer.
55. *Pimelia angulata lesnei* Peyer. — 56. *Perithrix granidorsis* Fairm.

2. **Principaux types imaginaux.** — Nous pouvons voir ici, comme chez les larves, quatre types morphologiques principaux (tabl. XXV) :

a. *Type érodién*. — Une pseudophysogastrie importante et une forte hypertrophie élytrale le caractérisent surtout (fig. 57). La patte antérieure présente un tibia notablement élargi et est munie de plus d'une forte dent latérale ainsi que d'une frange de sensilles chaetiques simples. La face plantaire des tarses porte des soies courtes et rigides ou bien longues et souples. Ces soies ne prennent jamais l'aspect d'une ciliation comme dans le type pimélien décrit ci-dessous.

**Particularités morphologiques des Coléoptères Ténébrionides psammobies
du Sahara Nord-Occidental
(Adulte)**

TYPES MORPHOLOGIQUES	Hypertrophie sensillaire	Pseudopharyngostomie	Cavité sous-élytrale	Contraction (patte et antenne)	Étiement (patte et antenne)	Pseudo-ciliation (tarses, tibia, fémur)	Ciliation tarsale	Modification des ongles et éperons	Apérisme	Dépigmentation
1. TYPE ERODIEN (Fouisseur-marcheur)										
A. NOCTURNES										
<i>Leptonychus reymondi</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
" <i>sabulicola</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>pellucidus</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>p. iguidiensis</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
" <i>grassei</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
" <i>curvicornis</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
B. SEMI-DIURNES										
<i>Foleya brevicornis</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
<i>Erodus exilipes</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>ssp. nov.</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
" <i>dentifer</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>graniventris</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>opaciventris</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>zophosoides</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>singularis</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>nov. sp.</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
" <i>a. deserticola</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-
2. TYPE Tentyrien (Fouisseur-marcheur)										
A. NOCTURNES										
<i>Scelosodis laticollis</i>	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+
" <i>alluaudi</i>	+	+	+	-	+	+	-	-	+	+
<i>Ammogiton peltieri</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
" <i>jolyi</i>	+	+	+	-	+	+	-	+	+	+
3. TYPE PIMELIEN (Mineur-marcheur)										
A. NOCTURNES										
<i>Euthripta delicata</i>	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+
B. SEMI-DIURNES										
<i>Leucolaepus liliputanus</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>Storhocnemis steckeri</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
" <i>antoinei</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
" <i>nov. sp.</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>Pseustorhocnemis patrizii</i>	+	+	+	-	+	-	+	+	+	+
<i>Prionochea coronata</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>Euthripta grisescens</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
<i>Pimelia s. valdani</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
" <i>a. lesnei</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
" <i>a. expiata</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
" <i>a. antiaegyptia</i>	+	+	+	-	+	-	+	-	+	-
4. TYPE OPATRIEN (Fouisseur)										
NOCTURNES										
<i>Eurycalus reymondi</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
<i>Platynosum nov. sp.</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	+	+
<i>Anemia sardoa</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	-	-
" <i>pilosa</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
" <i>brevicollis</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	-	+
<i>Périthrix granidosi</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-
<i>Amphitrix peyerimhoffi</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-
<i>Brachyestes gastonis</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-
<i>Caedius auriculatus</i>	+	+	+	+	-	+	-	+	+	-

Les fémurs, par contre, sont eux munis de soies longues et souples, toujours bien alignées.

Tous les *Erodiini* cités entrent dans ce type (voir aussi fig. 42).

b. *Type tentyrien*. — Pseudophysogastrie et hypertrophie élytrale à peu près nulles (fig. 58). Hypertrophie des tibias antérieurs peu accentuée. Soies tarsales courtes. Même chez les formes intimement liées à la masse sableuse, telles que *Scelosodis laticollis* Chat., *Ammogiton peltieri* Peyer., le type sabulicole n'est jamais très accentué.



FIG. 57. — *Erodius graniventris* Peyer.

c. *Type pimélien*. — Il n'y a pas lieu de mentionner la pseudophysogastrie et l'hypertrophie élytrale, ces caractères étant constants dans toute la tribu des *Pimeliini* dont les représentants conquièrent aussi bien la steppe que le désert et même la forêt (fig. 59). Chez les sabulicoles, une légère hypertrophie des tibias antérieurs et une ciliation importante des métatarses constituent une particularité constante.

Dans ce type entrent les *Pimeliini* et les *Platycopini*, tribus en fait assez voisines l'une de l'autre.

d. *Type opatrien*. — Pseudophysogastrie et hypertrophie élytrale toujours notables et le plus souvent fortes (fig. 60). Hypertrophie des tibias antérieurs très accentuée. Pubescence tarsale courte, n'aboutissant jamais à une ciliation nette.

Tous les *Opatrini* sabulicoles répondent à ce type.

3. **Nymphes.** — La nymphe d'*Erodius graniventrus* Peyer. et celle de *Pimelia grandis latastei* Sén., seules recueillies, constituent des documents par trop insuffisants pour que l'étude en soit même simplement esquissée.

2. Le tégument

A. LARVE

1. **Aspect et pigmentation.** — Le tégument des larves de Ténébrionides sabuticoles est peu sclérifié et est à peu près dépourvu

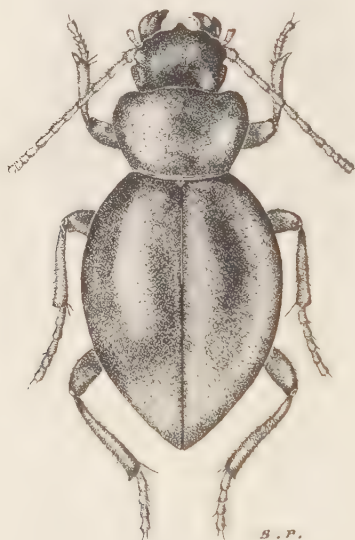


FIG. 58. — *Ammogiton peltieri* Peyer.

de pigment. On observe chez quelques formes, tout au plus, un faible durcissement de la cuticule qui peut s'accompagner d'une légère pigmentation brune, plus ou moins localisée; ce fait est sensible chez la larve de *Perithrix grandiosus* Fairm.

D'une façon générale, les larves de Ténébrionides sabuticoles sont moins fortement sclérifiées et moins uniformément pigmentées que les larves de Ténébrionides non sabuticoles.

2. **Structure et perméabilité.** — Chez la larve, les membranes intersegmentaires sont relativement épaisses et peu différenciées.

La perméabilité du tégument des larves de Coléoptères a été étudiée ces derniers temps sous l'angle de l'entomologie appliquée envisageant l'emploi des insecticides.

Les expériences faites (R. EDER, 1940; V. B. WIGGLESWORTH, 1945...), tendent à montrer que le tégument des larves de Coléoptères terrestres ne permet pas plus la pénétration de l'eau que la transpiration lorsque la couche superficielle cireuse n'a pas subi l'action abrasive des particules du sol et cela pour une température $< 30^{\circ}\text{C}$.

Cette abrasion de la couche cireuse de l'épicuticule qui au contact du sable ne peut manquer de s'effectuer, au moins partiellement, — des phanères très développées pouvant dans certains cas restreindre son action chez les larves sabulicoles — doit retenir notre attention.

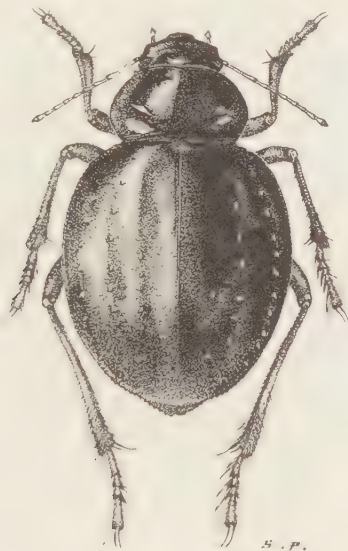


FIG. 59. — *Pimelia angulata lesnei* Peyer.

B. SCHAEFFENBERG (1942) a signalé que chez les larves d'*Agriotes* immergées dans l'eau, en été, il y avait très rapidement, au travers du tégument, une forte absorption. De cette pénétration massive de l'eau dans la cavité générale résulterait une turgescence allant jusqu'à la déchirure du tégument qui alors « éclate brusquement... ».

En hiver, ces larves s'accommoderaient d'une immersion pouvant durer plusieurs mois.

Il y aurait donc une modification saisonnière de la perméabilité cuticulaire qui, selon nous, pourrait être due simplement aux variations du rythme d'activité, d'où résulterait une abrasion proportionnelle à ce rythme et, par conséquent, une perméabilité cuticulaire également proportionnelle.

Si ce phénomène de perméabilité cuticulaire se vérifiait chez les larves de Ténébrionides sahariens, il y aurait là pour celles-ci possi-

bilité d'approvisionnement en eau à partir, d'une part, de la proximité des noyaux d'imbibition qui existent dans le sable et où l'air est à saturation et, d'autre part, simple hypothèse, à partir de l'atmosphère interne du sable dont l'humidité relative est souvent élevée, ainsi que nous l'avons vu pour ces deux points dans la première partie. Les pertes d'eau de la larve se développant dans un milieu à atmosphère souvent voisine de la saturation se trouveraient, de plus, limitées à celles que nécessiterait l'excrétion, les phénomènes de « pseudorégulations » thermiques qui commencent à être soupçonnés chez les Insectes (J. S. KENNEDY, 1939, notamment, pour



FIG. 60. — *Perithrix granidorsis* Fairm.

prendre un exemple saharien) n'intervenant pas. Ce dernier phénomène serait en effet surtout appréciable à partir de 30° C (R. CHAUVIN, 1949), température rarement dépassée dans le biotope de nos larves. Cette question sera du reste reprise au chapitre suivant.

N'ayant eu connaissance de ces faits que récemment, je n'ai malheureusement pu expérimenter sur du matériel saharien. J'ai cependant effectué, à Paris, sur la larve de *Tenebrio molitor* L., une expérience succincte :

Lorsque l'on plonge dans l'eau, en été, des larves de *T. molitor* L. fraîchement prélevées dans du son, la turgescence qui s'observe alors au bout de quelques minutes, peu avant la mort, semble être l'indication d'une pénétration intracuticulaire rapide de l'eau dans la cavité générale, celle-ci n'allant pas toutefois jusqu'à la déchirure du tégument comme dans les expériences de SCHAEFFENBERG sur *Agriotes*.

L'expérience répétée avec le même matériel ayant jeûné de 5 à 10 jours sur du sable saharien afin que soit neutralisée par abrasion la pellicule cireuse de la face sternale, ne montre qu'une accélération, à peine perceptible, du phénomène de turgescence.

B. ADULTE

1. **Aspect et pigmentation.** — Le tégument est chez l'adulte, dans la majeure partie des formes, rigide, épais, très sclérifié et souvent fort chargé de pigments noirs¹. Chez quelques espèces qui font exception, le tégument est mince, peu pigmenté et parfois même subhyalin. Ce dernier caractère se remarque surtout dans les groupes dont l'activité à la surface du sable a lieu la nuit ou, tout au plus, pendant les quelques minutes qui précèdent le coucher du soleil ou suivent son lever. C'est le cas de tous les *Leptonychus*, des *Seclosodis* et des *Ammogiton*.

Sous les élytres qui, très hypertrophiées, forment une cavité parfois importante et sur laquelle nous reviendrons, le tégument des tergites abdominaux, peu différencié, est constitué par une fine membrane transparente, assez vulnérable. Mais celle-ci est toujours très efficacement protégée par les élytres.

2. **Structure et perméabilité.** — Si chez l'adulte, contrairement à ce qui s'observe chez les larves, les membranes intersegmentaires sont parfaitement différenciées, leur rôle dans l'étanchéité de l'assemblage paraît secondaire car l'ajustage des différents éléments est toujours remarquablement précis.

Le tégument lui-même semble, chez les Coléoptères en général, peu perméable à l'eau (R. CHAUVIN, 1949). Quant à la transpiration au travers du tégument, selon R. EDER (1940), elle serait à peu près nulle chez tous les Insectes.

3. Organes sensoriels

A. LARVE

1. **Appareil sensillaire externe.** — La forme, la répartition et la densité des sensilles que porte le tégument des larves de Ténébrionides sabulicoles varie considérablement suivant les groupes.

Par contre, la combinaison des différents types qui concourent à former l'appareil sensillaire externe est relativement constante dans chacune des catégories larvaires pré-établies.

Ces sensilles dérivent toutes de trois des types fondamentaux définis par R. E. SNODGRASS (1935) : les types basiconique, chaetique,

(1) Il existe en Afrique du Sud, parmi les *Adesmiini*, Mélasomes typiques, tout un groupe où aux pigments noirs habituels se substituent des pigments blancs tout au plus variés de brun. L'attention sur ce point a été attirée dès 1844 par l'entomologiste F. E. GUÉRIN-MENNEVILLE dans une « Note sur quelques Coléoptères mélasomes qui ne sont pas entièrement noirs... ».

campaniformes, et n'apparaissent, par comparaison avec celles des formes non sabulicoles, que comme des types primitifs de la lignée, considérablement hypertrophiées et d'implantation plus dense.

a. *Principaux types de sensilles*. — Une description détaillée de ces sensilles n'a pas sa place ici; d'autant plus qu'elle devrait s'accompagner d'une étude cytologique. Je me limiterai à citer et à figurer les types principaux :

1. Type basiconique. — Assez pigmenté, rigide, très spécialisé, tendant vers une forme pédunculée (fig. 61-63), parfois très prononcée et aboutissant alors à un organe en forme de « champignon » : celles que porte le pygidium des *Erodiini* (fig. 61).

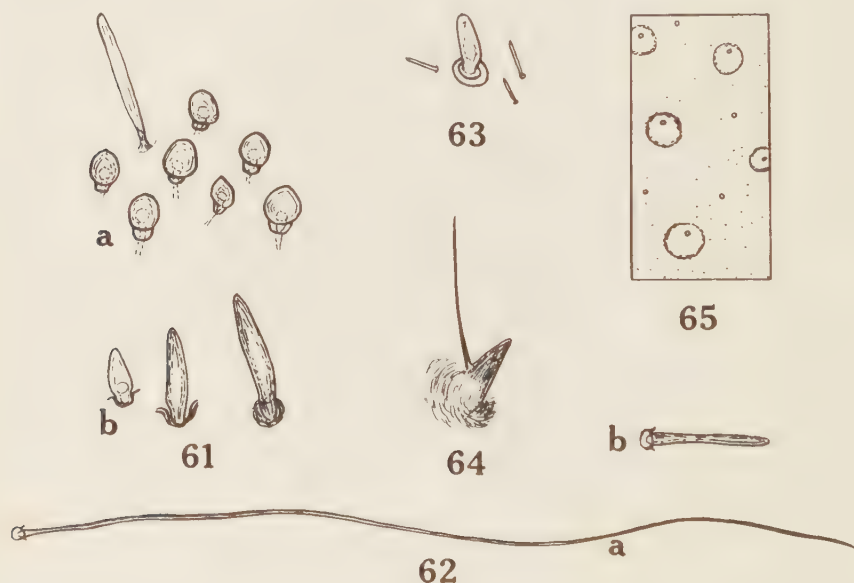


FIG. 61-65. — Sensilles des larves de Ténébrionides sabulicoles.
61. Type basiconique « en champignon », du pygidium des *Erodius* (*E. exilipes* Luc.). a, typique; b, progressivement atténué. — 62. Type sub-squamiforme des segments abdominaux. a, type rubanné; b, type moins accentué. — 63. Type basiconique du pygidium chez *Ammogilon peltieri* Peyer. — 64. Organe spiniforme du trochantin des *Pimelia* (*P. angulata lesnei* Peyer.). — 65. Type campaniforme des segments abdominaux, face tergale, de *Perithrix granidorsis* Fairm.

2. Type chaetique. — Peu pigmenté, souple ou rigide, soies simples plus ou moins développées, à point d'insertion variable ou constant¹.

(1) R. JEANNEL in P.-P. GRASSÉ (1949-1951) distingue parmi ces sensilles :
1) Les *poils* ou *cils*, petites soies qui forment la *pubescence*, revêtement serré.
2) Les *macrochètes*, fortes soies isolées ou bien alignées, mais toujours à emplacement constant et alors d'une grande importance taxonomique. Ces deux types de sensilles demeurent présents chez les Ténébrionides, aussi bien chez la larve que chez l'adulte.

3. Type campaniforme (?). — Généralement peu développé, sauf chez la larve de *Perithrix granidorsis* Fairm. où il est par contre fortement hypertrophié (fig. 65), ce type de sensille pourrait également répondre au type coeloconique; mais, sans examen cytologique on ne peut être affirmatif.

En plus de ces trois types de sensilles, on observe encore sur le trochantin des *Pimeliini* un organe spiniforme, flanqué d'une forte sensille chaetique (fig. 64).

b. *Rôle de l'appareil sensillaire*. — Si l'on examine attentivement la forme et la répartition de ces sensilles, tout en tenant compte de l'éthologie de l'insecte, l'attention peut être attirée sur quelques faits qui, dans les grandes lignes, nous renseignent sur le rôle de l'appareil sensillaire.

1° En plus du rôle purement sensoriel qu'elles ont dans la perception du milieu et sur lequel il n'est pas possible de s'étendre sans une longue expérimentation analogue, par exemple, à celle qu'a effectuée G. RICHARD à propos des Termites (1952, notamment), la plupart de ces sensilles semblent encore avoir un rôle *mécanique* pendant les déplacements de l'insecte au sein de la masse sableuse et un rôle *protecteur* contre l'action abrasive du sable sur la cuticule cireuse (cf. *supra*), surtout sensible chez les formes errantes du type érodien.

Dans tous les types larvaires, résultent de la localisation en certaine région du tégument de sensilles toujours très modifiées, des aires sensillaires assez bien individualisées :

1. Sur la tête, l'*aire ocellaire* porte un dense revêtement de sensilles, analogues à celles du corps, qui tend à masquer les stemmates.

2. Sur la face dorsale de la *mandibule* et sur le *labre*, plusieurs formes de sensilles aboutissent dans tous les types larvaires à des appareils importants.

3. Sur les *segments thoraciques et abdominaux*, au moins dans la région pleurale, les sensilles sont toujours bien développées et entourent plus ou moins l'orifice atrial du stigmate. Dans le type érodien, elles forment un dense revêtement couvrant l'ensemble des segments abdominaux.

4. Sur le *pygidium*, des sensilles plus ou moins modifiées, fortement développées et densément implantées concourent à former un organe dont le rôle doit être considérable, dans le type érodien surtout, si l'on en juge par la musculature puissante qui actionne le segment.

5. Sur les *pseudopodes anaux*, les sensilles sont également fortes et denses.

6. Sur la *patte*, sur le tibia surtout, résulte de l'alignement de certaines sensilles, souvent fortes, longues, rigides, une ciliation bilatérale constante dans tous les types larvaires. Il est difficile de ne pas voir cette ciliation jouer un rôle à la fois sensoriel, mécanique et protecteur.

De plus, il est à noter que, dans tous les types, cette ciliation est en outre présente sur le fémur et se devine encore sur le trochanter

et que chez les *Pimelia* elle se retrouve aussi sur la face dorsale de ces différentes pièces.

7. Enfin, sur l'antenne, on est surpris de ne trouver qu'un système sensillaire en apparence modestement développé malgré l'importance de celle-ci en général en tant qu'organe tactile.

2° L'hypertrophie des sensilles est d'autant plus grande que le comportement sabulicole de la larve est plus accentué : une très grande spécialisation de l'organe et un revêtement dense caractérisent toujours les formes psammobies errantes à biotope très étendu. Les larves du type érodien, si remarquablement armées, sont dans ce cas.

3° Sur les segments abdominaux de la larve de *Perithrix granidorsis* Fairm., du type opatrien, des sensilles campaniformes (?) très hypertrophiées contrôlent des réactions analogues à celles qui s'observent chez les formes munies d'organes considérablement moins

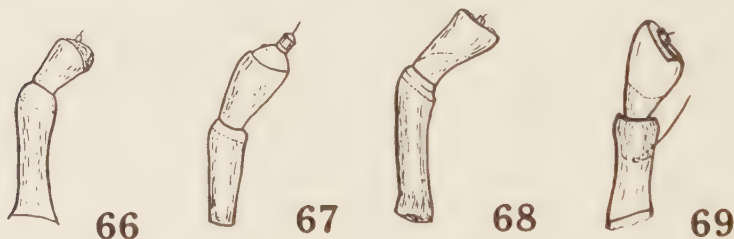


FIG. 66-69. — L'antenne des larves de Ténébrionides sabulicoles.
66. *Erodus exilipes* Luc. — 67. *Ammogiton peltieri* Peyer. — 68. *Pimelia angulata lesnei* Peyer. — 69. *Perithrix granidorsis* Fairm.

développés et auxquelles semblent surtout se substituer des sensilles d'un tout autre type.

2. **Œil.** — Les stemmates sont dans tous les types larvaires sensiblement réduits. Chez les espèces étudiées, ils sont au nombre de cinq, réunis en deux groupes de respectivement deux et trois. Ils sont plus ou moins rapprochés dans les types érodien, tentyrien et pimélien, ou bien isolés les uns des autres, deux étant cependant nettement accolés chez *Perithrix granidorsis* Fairm., du type opatrien. Ils apparaissent sous forme de petites taches de pigments recouvertes par le tégument, celui-ci en ce point à peine différencié. Masqués par le dense revêtement sensillaire de l'aire ocellaire, ils sont souvent difficiles à voir (*Prionothea coranata* Ol.) (t. pimélien). Chez *Scelosodis laticollis* Chat. (t. tentyrien), ils sont même tout à fait indiscernables.

3. **Antenne.** — L'antenne des larves de Ténébrionides sabulicoles, analogue dans les différents groupes, est d'un type relativement banal (fig. 66-69). Les organes sensoriels que porte la massue antennaire ne sont que bien peu influencés par la ligne évolutive générale.

B. ADULTE

1. **Appareil sensillaire externe.** — Chez l'adulte, même dans les types les plus spécialisés, l'appareil sensillaire n'atteint que très exceptionnellement le degré d'hypertrophie que l'on note chez la larve.

La patte, pourtant, porte des sensilles souvent extraordinairement développées.

A ce sujet, remarquons déjà que la vie de l'adulte n'est ni aussi intense ni aussi longue que celle de la larve. Le comportement vis-à-vis du milieu, les techniques de pénétration au sein de celui-ci, sont toujours autres et, toute proportion gardée, la vie sabulicole, qui comporte dans la plupart des types (érodien, tentyrien, pimélien) une *phase de surface* importante, est considérablement plus limitée. Il est probable que chez l'adulte, le système sensillaire dans son *rôle sensoriel*, et aussi dans son *rôle mécanique*, occupe une moins grande place que chez la larve.

a. *Principaux types de sensilles.* — Les sensilles que porte le tégument de l'imago, bien que très analogues à celles que nous venons d'étudier chez la larve, sont dans l'ensemble moins modifiées que chez cette dernière.

Dans le type érodien, ces modifications sont très variables. C'est ainsi que si elles marquent profondément le genre *Leptonychus*, chez *Foleya brevicornis* Peyer. et chez les *Erodus*, elles sont moins importantes. Dans le type tentyrien elles sont en général très accusées alors que dans le type pimélien elles atteignent surtout les sensilles des tarse intermédiaires et postérieurs. Elles forment, dans ce dernier cas, une forte ciliation bilatérale, caractère rigoureusement constant. Enfin, dans le type opatrien, elles peuvent aboutir à un simple étirement ou bien, au contraire, à une contraction de l'organe.

Ces sensilles sont de quatre types principaux, très voisins, comme chez la larve, des formes classiques :

1. Type basiconique. — De formes et de dimensions variées, généralement rigides, elles se retrouvent sur la patte d'à peu près toutes les espèces; elles aboutissent dans le type opatrien à une forme pédonculée, très accentuée, analogue à celle qui s'observe sur la patte dans tous les types larvaires (fig. 70, 103).

2. Type chaetique. — Soies simples, de taille variée, à système d'insertion reposant sur plusieurs principes. L'étude de ces dispositifs ne peut être entreprise dans le cadre de cette étude. Nous figurerons cependant ce type et son système d'insertion chez *Leucolaeophus liliputanus* Luc. (fig. 71).

3. Type campaniforme. — Surtout bien développé dans le type opatrien (fig. 72).

4. Type squamiforme. — Parfois nettement caractérisé chez les formes très spécialisées, mais paraissant le plus souvent comme issu du type basiconique. Son aspect squamiforme est en fait la consé-

quence du mode d'insertion, les sensilles de ce type étant généralement implantées à la base de petits replis que forme la cuticule (fig. 73).

Des *phanères* fixes, plus ou moins épineuses, portant une forte sensille chaetique, existent de surcroît chez de nombreux *Pimeliini*. Elles sont remarquablement développées chez *Prionotheca coronata* Ol. et atteignent, sur la bordure extérieure, un développement considérable (fig. 121).

b. *Rôle de l'appareil sensillaire.* — Là également, en tenant compte à la fois de la forme des unités sensillaires, des appareils qui

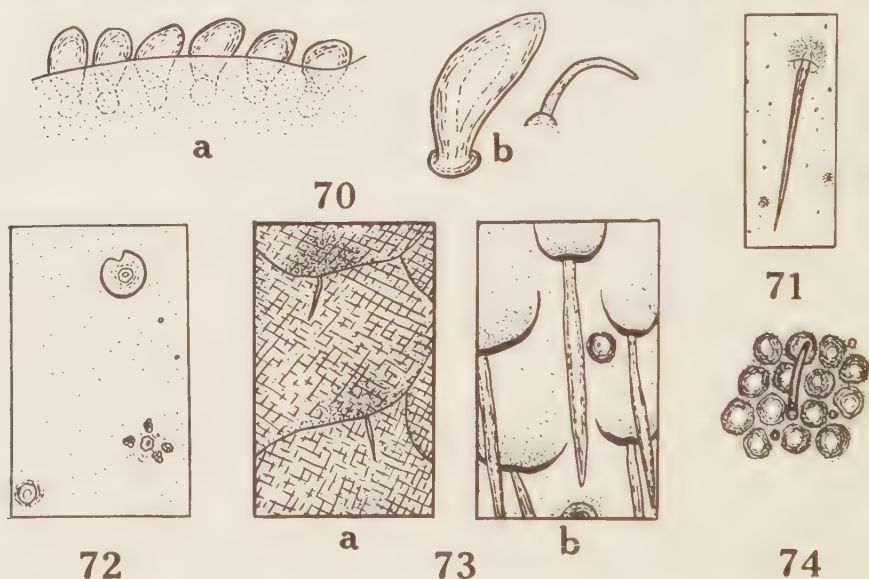


FIG. 70-74. — Sensilles des Ténébrionides sabulicoles. — 70. Type basiconique : a. de la patte antérieure de *Perithrix granidorsis* Fairm.; b. de la plage sensorielle de la partie apicale de l'antenne de *Leptonychus grassei* Pierre, accompagnée d'une sensille de type particulier. — 71. Type chaetique des élytres de *Leucolaephus liliputanus* Luc. — 72. Type campaniforme du pronotum de *Perithrix granidorsis* Fairm. — 73. Type squamiforme (déclivité apicale des élytres) chez : a) *Leptonychus grassei* Pierre; b) *Perithrix granidorsis* Fairm. — 74. Sensilles de l'œil chez *Pseudostorthocnemis antoinei* Esp.

résultent de leur arrangement en divers points du tégument et du comportement, quelques faits en ce qui concerne le rôle qui peut être attribué aux appareils ainsi constitués méritent d'être notés :

1° Les sensilles, bien que généralement moins denses, moins développées et autrement réparties, ont comme chez la larve, en plus de leur rôle initial, un rôle mécanique.

Mais ici c'est aux sensilles de la patte seule que ce rôle incombe et, on ne peut le mettre en doute, lorsque l'on examine les organes importants que concourent à former les sensilles de la patte des

piméliens, des opatriens et aussi de certains érodiens et tentyriens.

2° En ce qui concerne le rôle protecteur que peut jouer chez la larve dans certains cas l'ensemble du revêtement sensillaire contre l'action abrasive du sable, celui-ci paraît à peu près nul chez l'adulte si l'on excepte la patte où, en revanche, chez les opatriens surtout (fig. 103), il paraît indiscutable. En effet, dans ce type, la partie apicale des tibias porte des sensilles excessivement puissantes qui paraissent bien à la fois sensibiliser, armer et protéger l'organe.

Des appareils sensillaires aussi développés que ceux qui existent chez la larve sont beaucoup plus rares chez l'adulte, exception faite pour ceux de la patte. On peut cependant voir :

1° Dans le type opatrien, essentiellement fouisseur, quelques sensilles particulières localisées dans la *zone oculaire immédiate*, sensilles qui manquent généralement dans les autres types mais qui se retrouvent assez paradoxalement, implantées sur l'*œil*, entre les ommatidies, et même sur la cornéule de ceux-ci (fig. 74) dans le genre *Pseudostorthocnemis*¹ du type pimélien, généralement mineur. Des sensilles analogues semblent exister sur l'œil de *Orycara larocati* Esp., espèce exclusivement lapidicole à l'état adulte, mais dont la larve, par contre, est sabulicole.

2° Sur la face dorsale de la *mandibule* et sur le *labre*, des appareils sensillaires dont l'hypertrophie est aussi forte que chez la larve.

3° Sur les *élytres* surtout, mais aussi sur le *corps* en général, deux types de revêtements sensillaires, dont la présence, par ailleurs, coïncide à peu près toujours avec un mode de fouissement bien déterminé, ainsi que nous le verrons au chapitre IV.

Le premier, qui se manifeste dans les types érodien, tentyrien et opatrien, essentiellement *fouisseurs*, est en majeure partie constitué par de courtes *sensilles squamiformes*, auxquelles s'ajoutent de longues et fines sensilles de même type mais de formes assez différentes. Le second, propre au type pimélien, exclusivement *mineur*, comprend comme élément principal de fortes *sensilles chaetiques* et, comme élément secondaire, des sensilles d'un type également analogue, mais considérablement plus fines formant, surtout sur la face ventrale et sur les tibias, un revêtement argenté plus ou moins dense.

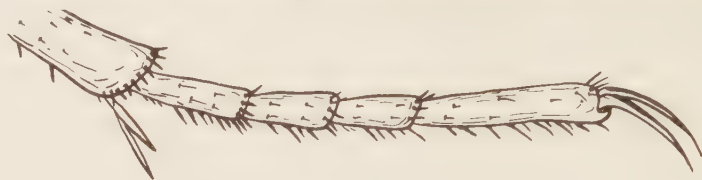
4° Sur la *patte*, deux types bien différents, en quelque sorte opposés, d'implantation des sensilles en relation étroite avec la forme de celles-ci. Le premier tend à réduire et à comprimer l'organe à l'extrême, alors que l'autre, au contraire, l'étire exagérément.

Chez les *fouisseurs*, des types érodien, tentyrien, opatrien, l'alignement des sensilles chaetiques sur les mésotarses et les métatarses n'aboutit jamais à une ciliation bilatérale bien nette, alors que chez

(1) Un des rares Ténébrionides ripicoles sahariens fouisseur : *Leichenum gebieni* Reitt. (Opat.), porte dans la région oculaire des sensilles d'un type très particulier. Elles sont insérées et sur l'ommatidie même et à la périphérie de l'œil.

les *mineurs*, par contre, elle est la règle sans exception et a un rôle mécanique important lors du creusement du terrier.

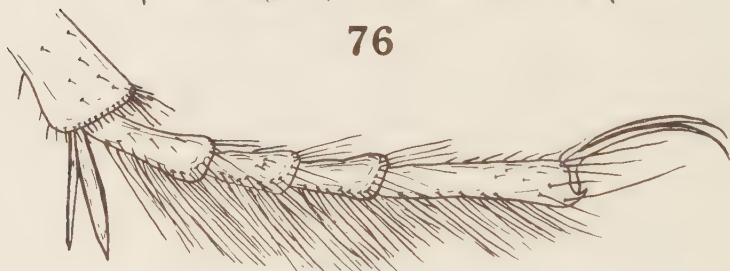
La pseudociliation tarsale que l'on pourrait voir chez certains érodiens tels que les *Leptonychus*, ne se compare que difficilement à celle d'un pimélien. Chez les *Leptonychus* elle n'est en fait qu'un re-



75



76



77



78



79



80

FIG. 75-80. — Frange sensorielle plantaire et soies des tarsi postérieures des *Leptonychus*.
75 et 78. *L. erodioides* Chevr. — 76 et 79. *L. reymondi* Pierre. — 77 et 80. *L. grassei* Pierre. (D'après F. PIERRE, 1950).

vêtement plantaire de longues soies plus ou moins souples, alors que chez les piméliens il s'agit d'un alignement bilatéral assez rigoureux de sensilles ou de pinceaux de sensilles rigides (fig. 77 et 102). Les tarsi sont en outre, dans ce dernier cas, le plus souvent aplatis.

Notons encore, caractère commun aux fouisseurs et aux mineurs, qu'il existe sur le tibia et sur le fémur des sensilles chaetiques ou basiconiques de forme et de taille variées, tendant à s'aligner, et qui se devinent encore, comme chez la larve, sur le trochanter.

5°) Sur l'antenne, contrairement un peu à ce que l'on peut noter chez la larve, les appareils sensillaires atteignent un degré d'hypertrophie considérable dans tous les groupes.

Cependant, une distinction doit être faite comme précédemment quant aux tendances évolutives en ce qui concerne fouisseurs et mineurs. Si les sensilles basiconiques et squamiformes qui constituent les appareils apicaux sont analogues dans les deux types, les sensilles chaetiques des derniers segments antennaires sont, elles, de part et d'autre, de taille et d'aspect très différents : chez les fouisseurs, ces sensilles sont relativement courtes et larges, alors que chez les mineurs elles sont fines et longues : ce caractère, par ailleurs, indépendant de la longueur de l'antenne. Quant aux sensilles chaetiques que porte la partie basale de l'antenne, leur développement est, sans exception, inverse de celui des précédentes.

Nous nous devons d'attirer l'attention sur le développement considérable de l'appareil sensillaire principal de l'antenne d'un des groupes les plus spécialisés : les *Leptonychus*, extraordinaire même chez *L. grassei* Pierre (fig. 89), ainsi que sur le dimorphisme sexuel que traduit encore cette particularité, puisque c'est surtout chez le ♂ qu'elle atteint des proportions surprenantes.

J'ai constaté lors de la révision taxonomique du groupe (F. PIERRE, 1954) que, sans exception, les formes à frange sensorielle plantaire et à appareil sensillaire apical de l'antenne (segment 10) très fortement hypertrophiés (fig. 75-90) étaient propres aux grands ensembles dunaires dont le sable est relativement grossier, alors qu'inversement, les espèces dont les sensilles tarsales et la plage sensorielle du dernier article antennaire sont d'un développement restreint étaient liées aux sables isolés dont la granulométrie est toujours plus fine que dans les grands ergs¹.

Mais ce type d'antenne, ainsi d'ailleurs que ce dimorphisme sexuel, se retrouvent dans un groupe qui n'a que de lointains rapports avec le sable : les *Tentyrionota* (*Tent.*). On s'aperçoit donc là que le rôle exact d'un organe peut être tout autre que celui qui pourrait être supposé.

Au même titre que chez la larve, nous pouvons noter que de façon constante l'hypertrophie des sensilles est d'autant plus grande que les rapports avec le sable sont plus étroits. Une forte ciliation tarsale des pattes intermédiaires et postérieures ainsi que de longues sensilles chaetiques obliquement implantées vers l'arrière sur le

(1) J.B. KRING (1957) met en évidence un préférendum granulométrique chez un *Elatéride* au moment de la ponte.

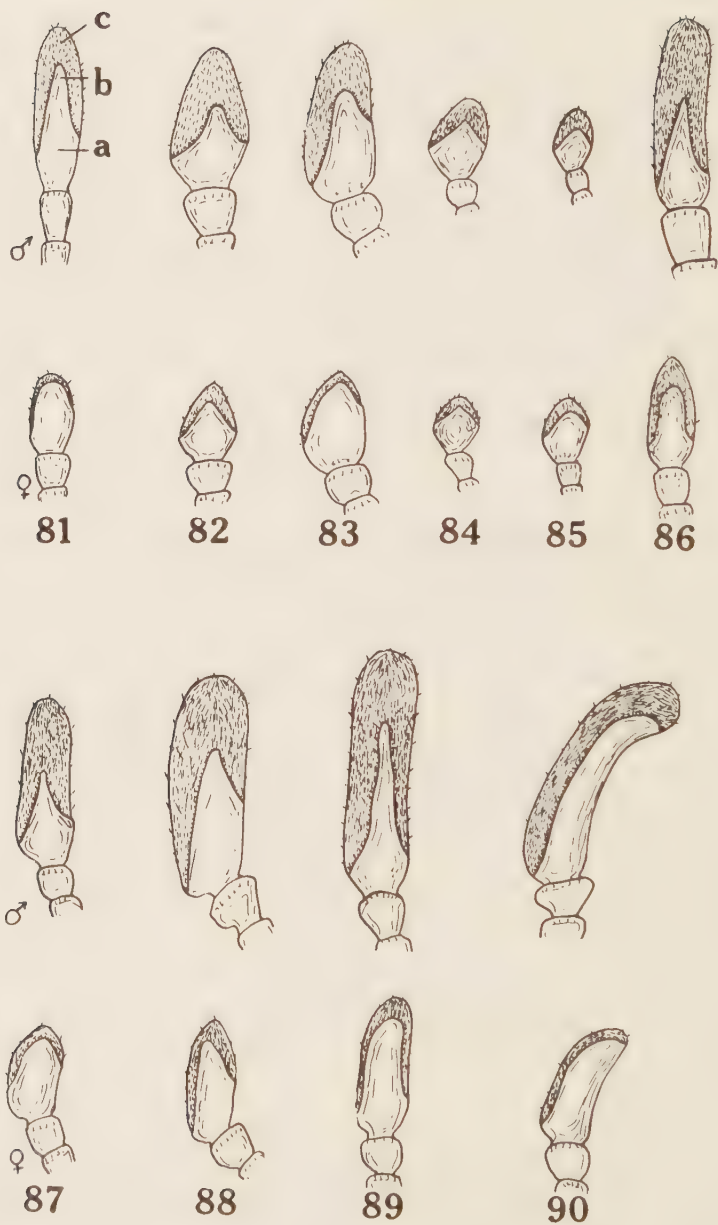


FIG. 81-90. — Appareil sensoriel apical de l'antenne des *Leptonychus*.
 81. *L. erodioides* Chevr. : a. base du segment antennaire; b. apophyse du segment; c. plage sensorielle. — 82. *L. reymondi* Pierre. — 83. *L. rufipennis* Guér. — 84. *L. sabulicola* Chob. — 85. *L. laevisternus* Fairm. — 86. *L. lislei* Pierre. — 87. *L. pellucidus* Muls. et God. — 88. *L. pellucidus iguidiensis* Pierre. — 89. *L. grassei* Pierre. — 90. *L. curvicornis* Peyer.

corps de l'insecte caractérisent toujours un sabulicole du type mineur, alors que des franges tarsales et tibiales de sensilles basiconiques courtes et robustes ou longues et fines et alors squamiformes réparties sur le corps signifient toujours que l'insecte est un sabulicole du type fouisseur.

2. **Œil.** — Un peu comme nous l'avons constaté chez la larve, l'œil de l'adulte, bien que nettement régressif, demeure cependant bien développé dans l'ensemble, même chez les fouisseurs du type opatrien dont la vie est essentiellement souterraine.

On pourrait s'étonner de ne pas voir chez les Ténébrionides sabulicoles en général de manifestations plus poussées de cette régression de l'œil¹.

La tendance franchement anophtalme il est vrai est rare dans la famille des Ténébrionides. Les deux seuls cas de cécité à peu près complète s'observent, à ma connaissance : 1) chez un *Dactylocalcarini* : *Dactylocalcar caecus* H. GEBIEN (1938), C. KOCK (1952, 1955a) sabulicole très particulier du désert littoral du Namib en Afrique du Sud, et pour lequel il fallut créer cette nouvelle tribu, affine néanmoins des *Zophosini*; 2) chez un *Uomini* : *Typhlophloeus chappuisi* Jeann. et Paul., découvert par le Professeur R. JEANNEL en Afrique Orientale, dans un terrier de Rat-Taupe (R. JEANNEL et R. PAULIAN, 1945)².

P. de PEYERIMHOFF (1938) a insisté sur le fait que les véritables endogés, au sens de la définition, n'avaient jamais été signalés des sables vifs sahariens.

Il faut cependant retenir qu'il existe dans les dunes littorales du Maroc Sud-Occidental, en bordure du désert où je l'ai moi-même observé, un Curculionide Cossonine, *Onycholips wollastoni* Esc., qui répond en tout point au type endogé : yeux rigoureusement nuls, tégument privé de pigment, pseudophysogastrie importante, ailes inexistantes, sensilles considérablement étirées, etc...

En bref, là encore, dans les différents types morphologiques, c'est bien une hypertrophie des caractères habituels de la lignée qui transparaît dans les dispositifs tendant à masquer l'œil; plutôt que la régression même, c'est ce phénomène qui doit être retenu en tant que particularité essentielle, en plus des dispositifs sensillaires précédemment examinés et qui lui sont liés :

1° Dans le *type érodien*, l'œil est situé très en arrière. Il est peu saillant et toujours dépourvu de carène. En position de fouissement, la tête étant profondément rétractée, l'œil est en grande partie mas-

(1) Ainsi que chez les autres sabulicoles.

(2) Une faune importante de Ténébrionides anophtalmes vient d'être découverte à Madagascar par R. PAULIAN et ses collaborateurs. Elle comprendrait une demi-douzaine d'espèces se répartissant en quatre genres. Il ne s'agit nullement d'une faune sabulicole mais de formes inféodées soit à des sols forestiers, soit à des sols steppiques (R. PAULIAN, comm. épist.). Au même titre que *Typhlophloeus chappuisi* Jeann. et Paul., ces espèces se rattachent à des groupes phytophiles, alors que *Dactylocalcar caecus* Geb. paraît être issu de terricoles. Cf. C. KOCK (1956) et R. PAULIAN (1956), travaux parus depuis.

qué : d'abord par les sensilles marginales du bord antérieur du pronotum, puis par le bord du pronotum lui-même. Chez les *Leptonychus*, il est très réduit et disparaît complètement sous ce rebord.

2° Dans le *type tentyrien*, chez *Ammogiton peltieri* Peyer., apparaissent de fortes carènes péri-oculaires; l'œil est fortement réduit. Chez *Scelosodis laticollis* Chat., l'œil est à peu près normalement développé et nullement caréné; la tête est considérablement moins rétractile et ce processus n'intervient en aucun cas dans la protection de l'organe.

3° Dans le *type pimélien*, l'œil est parfaitement développé et n'est nullement protégé. Des sensilles particulières (cf. *supra*) sont cependant à signaler chez *Pseudostorthocnemis*.

4° Dans le *type opatrien*, l'œil, d'une façon à peu près constante, est extrêmement réduit, enfoncé dans le tégument et fortement caréné; initialement bilobé, il tend, très comprimé en son milieu, à se

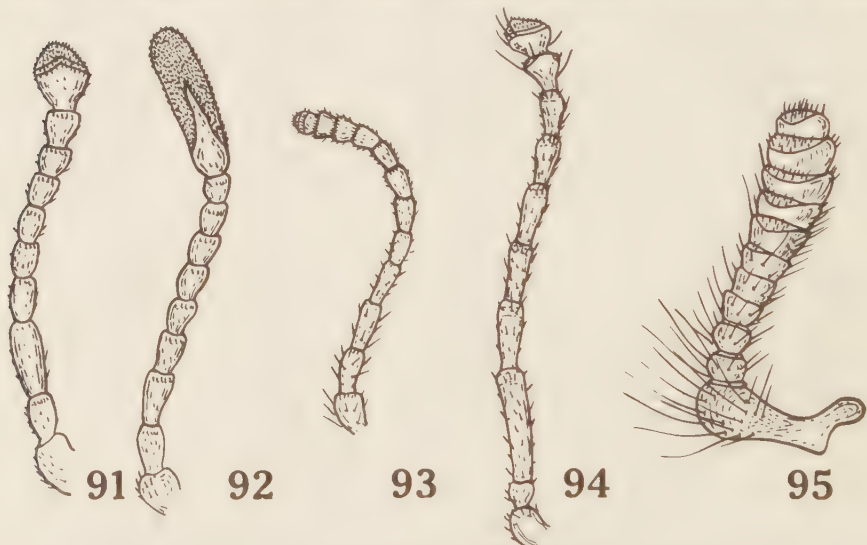


FIG. 91-95. — L'antenne des Ténébrionides sabulicoles.

91. *Erodus exilipes* Luc. — 92. *Leptonychus grassei* Pierre.

93. *Ammogiton peltieri* Peyer. — 94. *Pimelia angulata antiaegyptia* Koch.

95. *Perithrix granidorsis* Fairm.

scinder en deux éléments distincts. Ce fait est sensible chez *Perithrix granidorsis* Fairm. et chez *Eurycaulus reymondi* Esp. Là également sont remarquables les appareils sensillaires péri ou anté-oculaires précédemment cités. D'une façon générale, la rétraction de la tête au moment du fouissement masque efficacement l'organe sur la face tergale. Sur la face sternale, les tibias antérieurs, fortement élargis, tendent à dissimuler, au repos, toute la face inférieure de la tête, et l'antenne trouve également là sa place.

3. **Antenne.** — Comme pour les appareils sensillaires que porte

cet organe et qui ont été examinés plus haut, deux directions évolutives apparaissent :

1° Une *compression* dans les types érodien, tentyrien et opatrien. Dans le type érodien, une exception doit être faite à propos des *Leptonychus* dont le dernier segment (segments 10 et 11 probablement fusionnés), chez les formes les plus évoluées, est toujours très allongé. Cet allongement est remarquable chez *L. grassei* Pierre et chez *L. curvicornis* Peyer. (fig. 89-90).

2° Un *étirement* dans le type pimélien.

4. Organes locomoteurs

A. LARVE

1. **Patte.** — La patte est dans tous les types larvaires l'organe où l'hypertrophie est la plus constante. L'ongle en particulier, celui de la patte antérieure surtout, atteint toujours un développement rarement égalé ailleurs dans l'ordre des Coléoptères.

D'une façon générale, la taille des pattes est très inégale chez



FIG. 96-99. — La patte des larves de Ténébrionides sabulicoles.

A. antérieure; B. postérieure.

96. *Erodus exilipes* Luc. — 97. *Ammogiton peltieri* Peyer.
98. *Pimelia angulata lesnei* Peyer. — 99. *Perithrix granidorsis* Fairm.

un même individu. La patte antérieure est toujours un « outil » très puissant, alors que les pattes intermédiaires et postérieures sont progressivement et notablement réduites. La patte postérieure, minuscule, surprend même par ses dimensions.

Rappelons que l'appareil sensillaire est là plus important qu'ailleurs, ainsi que nous l'avons déjà noté.

a. *Type érodien*. — La patte antérieure se termine par un ongle tridenté, pièce d'une puissance considérable. Cet ongle est aussi volumineux que le tibia, avec lequel il paraît bien faire corps, étroitement soudé, sans que le tarse soit discernable. Les pattes intermédiaires et postérieures sont, elles, d'un aspect plus classique. L'ongle est simple et paraît articulé sur un tarse réduit mais appréciable (fig. 96).

b. *Type tentyrien*. — Chez *Ammogiton peltieri* Peyer, les trois paires de pattes sont, mis à part la différence de taille, sensiblement de même type. L'ongle, bien que beaucoup moins puissant que chez les érodiens, est encore important. C'est un ongle d'une forme très particulière, en « bec d'oiseau », inséré sur un tarse bien individualisé, avec lequel il est difficile de dire s'il est soudé ou non (fig. 97).

c. *Type pimélien*. — L'ongle est là encore une forte pièce très robuste, bilobé sur la patte antérieure, simple sur les pattes intermédiaires et postérieures. Il est inséré — peut-être soudé — sur un tarse court mais distinct (fig. 98).

d. *Type opatrien*. — La patte de la larve de *Perithrix grandorsis* Fairm. paraît étonnement grêle lorsque on la compare à celle de l'adulte. Les trois pattes sont de type analogue. L'ongle, long et grêle, est inséré sur un tarse avec lequel il paraît soudé (fig. 99).

Nous remarquons donc quatre types de pattes, assez différents les uns des autres et tendant à s'opposer entre-eux, par l'ongle surtout.

Là, comme pour d'autres caractères, on remarque que le développement de l'ongle de la larve est en rapport étroit avec le degré de spécialisation dans la vie sabulicole. L'appareil sensillaire d'abord, l'ongle ensuite, font de la patte des larves de Ténébrionides sabulicoles un type morphologique à part.

2. **Urogomphes**. — Se présentant sous l'aspect de forts pseudopodes annaux dans tous les types, les urogomphes interviennent vraisemblablement dans les déplacements de la larve. Leur système sensillaire, rappelons-le, est très développé.

3. **Pygidium**. — On peut rappeler que le pygidium des différents types larvaires, remarquable par ses sensilles, chez les érodiens surtout, joue un rôle indiscutable au cours des déplacements de la larve dans la masse sableuse.

B. ADULTE

1. **Potte.** — Là, comme chez la larve, cet appendice prend parfois un aspect extraordinaire; mais, chez l'adulte, c'est surtout le tibia qui est modifié.

Plusieurs directions évolutives se remarquent :

a. *Type érodien.* — Dans ce type, à la fois marcheur et fousseur et, exceptionnellement, grimpeur (*Foleya brevicornis* Peyer.), le tibia antérieur s'élargit à l'apex et en son milieu. Cet élargissement aboutit

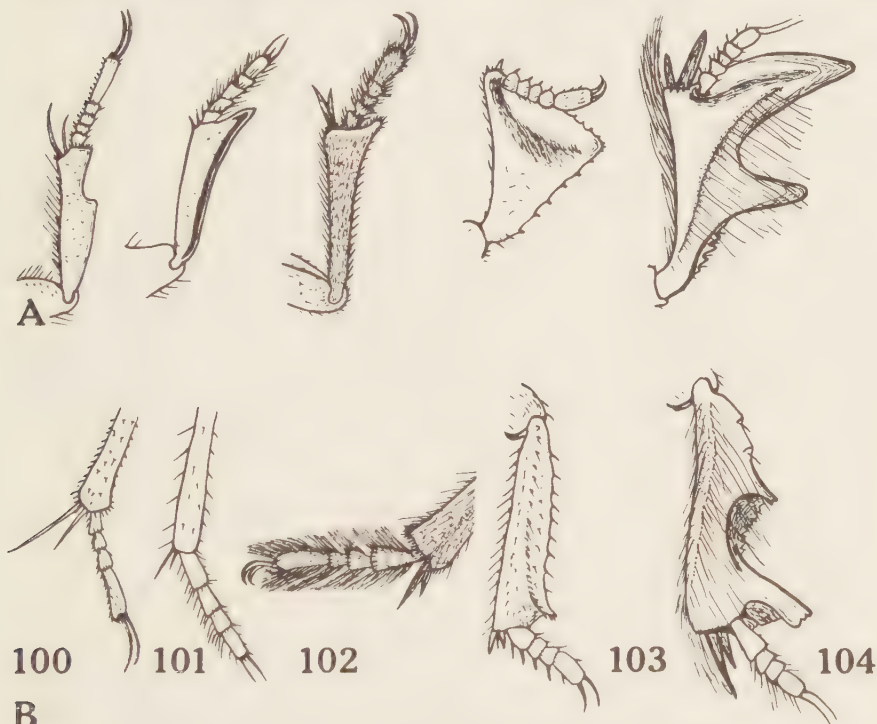


FIG. 100-104. — La patte des Ténébrionides sabulicolas.

A) antérieure; B) postérieure.

100. *Foleya brevicornis* Peyer. — 101. *Ammogiton peltieri* Peyer.
102. *Pimelia angulata lesnei* Peyer. — 103. *Eurycaulus reymondi* Esp.
104. *Anemia pilosa* Tourn.

de part et d'autre à une forte dent. Le bord extérieur du tibia est tranchant et le bord intérieur est longuement et abondamment cilié. Les éperons, inégaux, sont fortement développés et les griffes généralement très étirées. Les tibias intermédiaires et postérieurs sont simples, mais leur extrémité apicale est fortement élargie « en boutoir » et porte une couronne de puissantes sensilles. Les éperons, qui interviennent en tant qu'organes d'appui pendant le foussement, sont très

longuement développés et ont quelquefois un aspect « rubanné », la griffe est considérablement étirée. Les sensilles tarsales sont généralement peu denses. On note cependant pour ce dernier point quelques exceptions, dans le genre *Leptonychus* notamment, ainsi que nous l'avons vu. Les fémurs sont toujours plus ou moins bilatéralement ciliés (fig. 100).

b. *Type tentyrien*. — Bien que les tentyriens les plus spécialisés soient surtout des fouisseurs, la patte est relativement peu modifiée. Tout au plus peut-on noter, pour les tibias antérieurs, un faible élargissement apical (très accusé cependant chez *Scelosodis laticollis* Chat.). D'une façon générale les ongles et les éperons sont, bien qu'étirés, d'un développement restreint; l'hypertrophie sensillaire est peu marquée et la ciliation nulle (fig. 101).

c. *Type pimélien*. — Dans ce type, jamais contracté, à la fois marcheur et mineur, les particularités morphologiques de la patte, se présentent sous deux aspects :

1. Chez les *Platyopini* (fig. 138), le tibia antérieur est élargi sur toute sa longueur et, de plus, est bordé extérieurement par une rangée de fortes dents auxquelles s'associent de puissantes sensilles; les mésotarses et les métatarses sont étirés, très aplatis et inégalement ciliés sur les deux côtés, la plus longue ciliation étant externe. Eperons et griffes à peu près normaux¹.

2. Chez les *Pimeliini* (fig. 102), le tibia antérieur n'est élargi qu'à l'apex; il est très finement denté et son appareil sensoriel apparemment plus limité; les mésotarses et les métatarses sont plus ou moins comprimés et la ciliation, là également inégale, résulte de l'alignement de « pinceaux » de fortes sensilles.

Eperons et griffes fortement développés².

d. *Type opatrien*. — La patte dans le type opatrien, exclusivement fouisseur, est très diversement conformée (fig. 103-104). Dans la majorité des formes nous pouvons voir :

1. Un tibia antérieur court et très fortement élargi à l'apex et au milieu. Cet élargissement donne naissance à une forte dent. Toute la marge extérieure est très tranchante. Les mésotibias et les métatibias, également courts et notablement élargis, sont épaissis à l'apex, en « boutoir ». Ces tibias peuvent être plus ou moins dentés, ciliés, munis de collerettes sensillaires apicales, autant de dispositifs tendant à accroître la surface des points d'appui de l'organe.

2. Des tarses considérablement réduits, comprimés, détails particulièrement sensibles pour les tarses antérieurs qui, rejetés en arrière en position de fouissement, ne dépassent pas réunis la longueur de la dent apicale. Ces tarses sont le plus souvent ciliés.

3. Des éperons courts et solides et des ongles par contre toujours

(1) Sauf chez *Pseudostorthocnemis patrizii* Grid., où ils sont légèrement modifiés.

(2) Sauf chez *Euthripta delicata* Bed., où ceux-ci sont étirés.

extrêmement fins et réduits ou exceptionnellement étirés, comme dans le genre *Anemia*. Joint à ceci, des appareils sensoriels importants.

2. **Aile.** — L'aptérisme est la règle chez tous les vrais sabulicoles; pas la moindre trace d'aile ne demeure. Une très curieuse exception : les *Anemia* qui, bien qu'accusant morphologiquement un type fouisseur très accentué, ne se rencontrent que par rares exceptions dans le sable. Ils sont par contre très abondants autour des lampes, où leur vol nocturne vient s'interrompre.

5. Organes respiratoires

Chez la larve, notre attention n'est attirée que par les stigmates, alors que chez l'adulte il nous faut examiner à la fois les stigmates et la cavité sous-élytrale.

A. LARVE

Stigmate. — Il existe toujours chez les larves un système d'obturation de l'atrium, très analogue dans les différents types ou, plus exactement, reposant sur le même principe : un péritrème et des digitations plus ou moins complexes, semblant émaner de celui-ci. Ces digitations, véritable « filtre », s'opposent à ce que les particules fines du sable ne pénètrent dans la chambre atriale dans laquelle s'ouvrent les trachées. Il est probable qu'elles ont en outre un rôle hygroréceptif. Notons encore que l'architecture de ces chambres est souvent complexe. A la périphérie du stigmate existent encore, rappelons-le, des appareils sensillaires toujours bien développés (fig. 105).

Précisons cependant que ce système d'obturation n'est nullement un caractère propre aux larves sabulicoles. Il se retrouve non seulement chez de nombreux Ténébrionides, mais encore dans bon nombre d'autres groupes. Il est pourtant intéressant de remarquer que sa présence coïncide ici de façon rigoureusement constante avec un mode de vie où son rôle ne paraît guère discutable.

B. ADULTE

1. **Stigmate.** — Le stigmate de l'adulte varie dans l'ensemble de façon assez sensible.

a. *Type érodien.* — Immédiatement après un péritrème bien développé, une membrane, dépendant apparemment de ce dernier, porte de longues et fines épines, sensilles simples bien caractérisées, assez espacées les unes des autres. Il est difficile de dire si ces « sensilles » sont l'homologue des digitations que nous avons observées chez la larve.

Cet appareil sensillaire n'aurait-il pas là surtout un rôle hygro-réceptif ?

Nous remarquons en effet que dans ce type, un parallèle peut être établi entre le développement de l'appareil et la sensibilité à la lumière du jour et, partant, à la siccité de l'air. C'est ainsi que chez les *Leptonychus*, qui disparaissent dès le lever du soleil, ces sensilles sont importantes (fig. 106). De plus, il va de soi que s'ouvrant dans la cavité sous-élytrale, le rôle protecteur si important qu'elles ont chez la larve devient à peu près nul chez l'adulte.

b. *Type tentyrien*. — Appareil sensillaire interne indiscernable. Pérित्रème peu marqué.

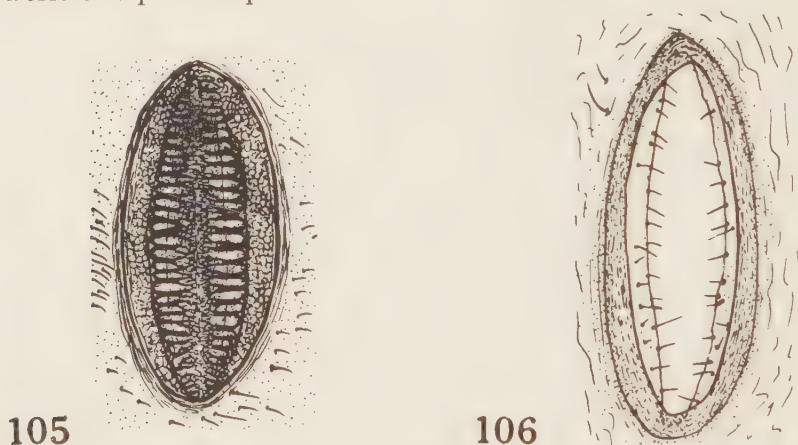


Fig. 105-106. — Les stigmates des sabulicoles.

105. Larve d'*Erodium exilipes* Luc.

106. *E. exilipes* Luc.

c. *Type pimelien*. — Appareil sensillaire interne de développement variable. Nul ou peu important chez *Leucolacphus liliputanus* Luc. et les *Pseudostorthocnemis*, il est très développé chez les *Pime-liini*. Les sensilles des stigmates se retrouvent, analogues, chez les différentes espèces.

d. *Type opatrien*. — Appareil sensillaire interne très réduit. Pérित्रème peu développé.

Il nous faut encore signaler que les cavités atriales sont toujours importantes et rappeler que les appareils sensillaires, très constants existent à l'extérieur sur le tégument, à proximité du stigmate.

Là encore, ces dispositifs ne sont nullement propres aux sabulicoles, mais il y avait cependant lieu d'attirer l'attention sur le rôle qu'ils peuvent avoir dans ce cas particulier.

2. **Cavité sous-élytrale**. — Résultant de l'hypertrophie élytrale.

la cavité ou chambre sous-élytrale existe, plus ou moins importante, dans tous les types sabulicoles. Elle est particulièrement bien développée chez les *Leptonychus*. Il est difficile d'être précis quant à son rôle exact; mais le fait que les stigmates s'ouvrent à l'intérieur et qu'elle soit rigoureusement étanche doit attirer notre attention.

En effet, chez de nombreuses formes, cette cavité ne communique avec l'extérieur que par le jeu des derniers, segments abdominaux, lesquels portent des sensilles denses formant filtre.

Chez les *Anemia*, qui sont tous des ailés, l'étanchéité de la cavité ne peut être retenue.

Quel peut être le climat de cette cavité, « bioclimat » au sens précis du mot ? Est-il différent du climat ambiant ? J. THÉODORIDÈS (1956) pour les formes des régions tempérées, répond par l'affirmative. J. B. DIZER (1955) pense que cette cavité intervient efficacement pendant la respiration pour réduire la perte d'eau.

Sans vouloir trop généraliser ni rechercher les exceptions, nous pouvons remarquer à cette occasion que chez les Ténébrionides, les espèces ailées ont une vie excessivement courte, et inversement.

6. Organes buccaux

Aucune particularité autre qu'une hypertrophie générale des appareils sensillaires internes et externes n'est sensible tant sur les pièces buccales de la larve que sur celles de l'adulte. Les organes eux-mêmes ne sont que fortement comprimés ou légèrement étirés suivant la ligne évolutive générale.

3. REMARQUES GÉNÉRALES CONCERNANT LES AUTRES GROUPES

1. Coléoptères Scarabéoides

Nous dégagerons simplement à grands traits les particularités morphologiques de ce groupe, lequel s'oppose diamétralement par son mode d'existence, nous l'avons vu, aux Ténébrionides.

1. **Larve.** — Les larves de Scarabéoides sabulicoles, même lorsque l'on examine les plus spécialisées, celles de *Sitiphus ammodites* Peyer. (*Aphod.*) par exemple, ne diffèrent pas sensiblement de celles d'*Heptaulacus pycrimhoffi* Paul et Vill., espèce non sabulicole de la montagne marocaine (R. PAULIAN et A. VILLIERS, 1939), une des rares larves d'*Aphodiini* décrite. Tout au plus peut-on remarquer, en tant que particularités différentielles, des pattes plus robustes, plus épineuses, et un raster aux épines plus denses.

A ce sujet, il est à noter que ces larves, contrairement à celles des Ténébrionides, ont un biotope beaucoup moins vaste, limité à la proximité du végétal qui assure leur subsistance. Le milieu est là constitué par du sable plus ou moins imprégné d'eau et la matière organique y est quelquefois abondante.

Pour mémoire, signalons que la nymphe a été observée chez *Sitiphus ammodites* Peyer. Comme pour celle des Ténébrionides, il n'est guère possible d'en parler utilement.

2. Adulte. — Chez les formes les plus spécialisées : *Dynamopus plicifrons* Fairm., *Sitiphus ammodites* Peyer. (fig. 45), *Psammobius* nov. sp., *Eremazus marmottani* Fairm. par exemple, dont le biotope est essentiellement de sable vif, les particularités morphologiques prennent une orientation qui n'est pas sans analogie avec celle qui s'observe chez les Ténébrionides les plus évolués (*Leptonychus*, *Perithrix*, etc...).

a. Tégument. — Mince, peu rigide, peu pigmenté chez la majorité des formes; pigments variés chez quelques espèces; quelques formes mélanisantes où le tégument est alors plus épais et plus rigide. Tergites abdominaux peu sclérifiés.

b. Organes sensoriels. — L'appareil sensillaire externe est toujours très hypertrophié. Les sensilles qui le composent sont dans l'ensemble de types analogues à ceux qui se rencontrent chez les Ténébrionides. Mais là, comme chez ces derniers, ce sont surtout les sensilles de la patte qui sont les plus atteintes.

Sur le corps même, le développement des sensilles est variable. Chez certains, il est peu accusé (*Psammobius* nov. sp.); par contre, chez les *Eremazus* et chez les *Sitiphus*, sur la face sternale, il est important.

Chez *Sitiphus ammodites* Peyer, un caractère extraordinaire apparaît : la saillie prosternale accuse une hyperthélie qui fait ici d'une pièce modestement développée ailleurs, un organe extraordinaire, long prolongement spiniforme portant de longues sensilles chaetiques.

D'autres formes, telles qu'*Anomala bleusci* Chob. (fig. 43), *Adoretus epistomalis* Chob., *Peradoretus kocchlini* Mars., dont le tégument est très dépigmenté, possèdent un appareil sensillaire constitué d'éléments denses, longuement et finement développés, plus denses même que chez les espèces précédemment citées.

Contrairement à ces dernières, ce sont toujours des espèces ailées qui, à l'état adulte, ont une vie brève et, de ce fait, n'ont guère de contact avec le sable après l'éclosion, si ce n'est au moment de la ponte.

D'une façon générale on peut voir dans ce groupe, un peu comme chez les Ténébrionides, deux tendances évolutives, tendances cependant moins formelles que chez ces derniers :

1. Une tendance à la contraction, propre aux espèces dont la vie

à l'état adulte comporte une phase souterraine importante, sinon même exclusive, dans quelques cas.

2. Une tendance à l'*étirement*, qui caractérise les formes à vie brève n'ayant que peu de rapport avec le sable à l'état adulte en dehors de l'éclosion et de la ponte.

Les *yeux* sont à peu près normalement développés chez toutes les espèces. L'*aire oculaire* porte toujours des sensilles très étirées. Dans quelques cas, chez *Eremazus marmottani* Fairm. notamment, la périphérie immédiate porte de très petites sensilles d'un type particulier.

Quant à l'*antenne*, si la forme générale suit les tendances évolutives mentionnées ci-dessus, le phénomène semble, par contre, s'inverser pour les sensilles.

c. Organes locomoteurs. — La *patte* est toujours très hypertrophiée, beaucoup plus en général que celle des Ténébrionides, même les plus spécialisés. A ce sujet, il faut immédiatement noter que, dans



FIG. 107. — Extrémité apicale de la patte inter. d. de *Dynamopus plicifrons* Fairm.

l'ensemble des Scarabéides, cette particularité se retrouve souvent ailleurs que chez les sabulicoles. L'hypertrophie du fémur, du tibia, des tarses, des ongles et des épérons aboutit à un organe excessivement contracté, à sculpture très accentuée, suivant la première tendance ou, au contraire, suivant la seconde, considérablement étiré et à sculpture atténuée. Chez *Dynamopus plicifrons* Fairm., l'un des épérons est même extraordinairement élargi et digité (fig. 107).

Chez les Cétoines sabulicoles de plein erg : *Thyreogonia costata* Luc., *Enoplotarsus deserticola* Luc. (fig. 44), *E. bedeli* Bleuse, les premiers tarses, plus ou moins comprimés, tendent à réaliser le type « piestérotarse » des Ténébrionides. Une tendance à la ciliation et un étirement des apophyses tarsales accompagnent cette particularité.

L'aile est toujours fonctionnelle chez les Scarabéides sabulicoles du Nord-Ouest saharien. Une seule exception : *Sitiphus ammodites* Peyer., où cet organe, bien que présent, est très réduit et impropre au vol.

d. Organes respiratoires. — *Stigmates* bilabés.

La cavité sous-élytrale, dont le rôle est là secondaire, toutes les espèces étant ailées (moins l'exception citée plus haut), n'a ni la capacité ni l'étanchéité de celle des Ténébrionides. Par contre, au repos, elle peut intervenir, certaines formes se réfugiant le jour dans la couche superficielle du sable (*Eremazus*, *Psammobius*, etc...).

e. Organes buccaux. — On note, chez *Sitiphus ammodites* Peyer. et chez *Psammobius* nov. sp., une forte hypertrophie de la lame mandibulaire.

Avant de clore ce paragraphe, signalons encore qu'un *Trogidae*, *Glaresis handlirschi* Reitt., présente des particularités morphologiques très analogues à celles des *Scarabacidae* les plus remarquables.

2. Autres Coléoptères

Bien que parfois moins accentuées mais souvent aussi expressives que celles des familles que nous venons d'examiner, les particularités morphologiques qui vont être maintenant brièvement passées en revue n'en confirment pas moins les tendances déjà dégagées.

1. **Histeridae.** — Dans la famille des Histérides, plusieurs groupes de *Suprinus* sont, sous l'angle morphologique, très orientés vers la vie sabulicole.

Les larves ont malheureusement toujours échappé à mes recherches.

Chez l'adulte, on retrouve, mis à part quelques exceptions, des particularités très analogues dans les grandes lignes à celles des familles précédemment examinées. Il s'agit également là, un peu comme pour les Scarabéides et les Trogides, d'un groupe qui, même chez les non sabulicoles, manifeste des tendances fouisseuses assez nettes.

On peut noter, en plus d'un tégument peu épais et assez peu pigmenté en général, ces caractères plus accentués là encore chez les espèces les plus étroitement liées au sable :

1. Des appareils sensillaires très développés et des yeux parfois réduits.

2. Des pattes extraordinairement hypertrophiées (fig. 108-109). Les tibias antérieurs sont soit fortement dentés, élargis et amincis en « palettes » : *Philothis alsiosus* Peyer. par exemple, soit, au contraire, réduits à l'extrême et alors munis de puissantes sensilles tel que chez *Philothis chobauti* Théry (fig. 46). Les tibias intermédiaires et les tibias postérieurs, ces derniers surtout, sont eux toujours élargis, fortement ciliés et portent des éperons puissants. Dans le premier

cas, les tarses, ciliés, très réduits, sont rejetés en arrière, logés dans une gouttière que présente le tibia. Dans le second, ils ont totalement disparu. Les tarses intermédiaires et postérieurs sont toujours plus ou moins fortement ciliés sur les deux côtés. Ongles étirés, réduits ou nuls.

L'aile est souvent fonctionnelle, même chez les espèces les plus spécialisées.

3. Une *cavité sous-élytrale*, par contre, toujours nulle.

2. **Dermestidae.** — *Attagenus aristidis* Pic et *A. cremivagus* Peyer. ont des *pattes*, les pattes antérieures surtout, nettement orientées vers le type fouisseur par des caractères analogues à ceux que nous avons déjà consignés pour d'autres groupes de Coléoptères : élargissement du fémur, forte hypertrophie des appareils sensillaires, développement important des éperons, étirement des ongles.

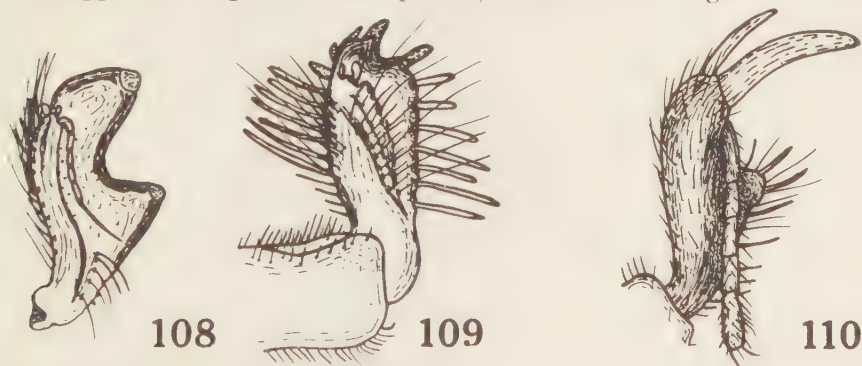


FIG. 108-109. — La patte antérieure des *Saprinus sabulicoles*.

108. *Philothis alsiosus* Peyer.

109. *P. chobauti* Théry.

FIG. 110.
La patte antérieure de *Chobautiella deserticola* Reitt.

L'aile est fonctionnelle. *Stigmates* simples.

En ce qui concerne la *larve*, retenons simplement que les appareils sensillaires sont relativement peu importants par rapport à ceux des autres Dermestides.

3. **Masoreidae, Anthiidae, Harpalidae.** — La *larve* du seul *Masoreidae* représenté dans notre région, *Graphopterus serrator* Forsk., fouisseuse, a un tégument très sclérifié et très pigmenté, surtout sur la face tergale. La patte est puissante, mais peu spécialisée. Le développement des appareils sensillaires est relativement restreint.

L'adulte, mineur, a lui des pattes assez longues. Leur appareil sensillaire tarsale est important. Mais la pseudociliation bilatérale qui peut être vue sur les tarses antérieurs n'est bien marquée que chez le ♂ où elle s'accompagne d'un feutrage sensoriel plantaire, caractère sexuel secondaire habituel du groupe.

La véritable particularité commune aux deux sexes, et qui se substitue dans une certaine mesure à la ciliation classique des mineurs, est formée par une demi-couronne de fortes sensilles implantées au sommet de chacun des articles du tarse, sur la face inférieure.

Eperons bien développés; ongles normaux.

Le tégument, très sclérifié, mélanisant, porte sur la face dorsale, sur les élytres surtout, un revêtement dense de sensilles squamiformes très particulières en majorité noires, blanches par place et formant ainsi quelques taches. Sur la face ventrale et sur les antennes, se remarquent de longues et denses soies blanches. Les macrochètes subsistent cependant, assez fortes.



FIG. 111. — *Mormisma peyerimhoffi* Silv. (D'après F. SILVESTRI, 1938, légèrement modifié).

Aptère. Yeux très développés. Cavité sous-élytrale nulle. Stigmates munis intérieurement de sensilles.

Chez les deux *Anthiidæ* observées : *Anthia scrmaculata* F. et *A. renator* F., les larves, fouisseuses, sont remarquables par le développement de leurs appareils sensillaires.

L. CHOPARD (1936) nous donne une description très détaillée de la première. La seconde n'en diffère guère sous l'angle qui nous intéresse.

Quant à l'adulte, généralement mineur, nous ne pouvons retenir

chez lui que le développement accentué des différents systèmes sensillaires. Cette particularité est très appréciable chez *A. sermaculata* F. et chez *A. renator* F.; elle aboutit sur le tarse, un peu comme chez les Graphoptères, à une pseudociliation forte. Les tarses antérieurs sont eux courtement mais très densément frangés de fortes sensilles.

Des sensilles squamiformes, étirées, de teinte claire, très différentes de celles des Graphoptères, forment, sur le tégument noir et glabre de la face dorsale, des taches duveteuses. Des sensilles analogues existent sur les antennes. Les machrochètes implantées sur les taches sont blanches, alors que celles du corps sont noires.

Sensilles ventrales longues et serrées.

Apère. Yeux très développés. Cavité sous-élytrale nulle. Stigmates portant intérieurement des sensilles.

Chez les *Harpalidae*, *Bleusea deserticola* Bed. et *Heteracantha depressa* Brullé, dont les larves nous sont malheureusement inconnues, on remarque également chez l'adulte un fort développement des appareils sensillaires de la patte et de la face sternale de l'insecte. Bien que taxonomiquement ces Harpalides soient voisins, une différence importante pour nous apparaît dans l'appareil sensillaire latéral des tibias antérieurs. Chez *B. deserticola* Bed., il est formé de fortes sensilles basiconiques, alors que chez *Heteracantha depressa* Brullé il aboutit à une longue et souple ciliation très régulière.

Aile fonctionnelle. Yeux à peu près normaux.

4. **Liodidae, Anthicidae, Curculionidae.** — Une particularité morphologique très curieuse s'observe sur la patte du *Liodidae* *Chobeantiella deserticola* Reitt. En plus d'un fort développement de l'ensemble des sensilles, en particulier de celles de la patte, on remarque une extraordinaire hypertrophie des éperons antérieurs qui prennent l'aspect de puissantes griffes (fig. 110). Le tibia lui-même est très élargi vers l'extérieur en une forte dent médiane portant latéralement de grosses sensilles. De plus, l'apex des mésotibias et métatibias est largement tronqué en biseau. Tarses pseudociliés.

Ailé. Yeux normalement développés. Tégument dépigmenté.

Larve inconnue.

Les *Anthicidae* du genre *Mecynotarsus*, qui manifestent quelques tendances sabulicoles, ne présentent guère de particularités morphologiques bien saillantes. Nous retiendrons cependant chez *M. semicinctus* Woll. et *M. sp.* une très légère hypertrophie des appareils sensillaires en général, une faible pseudociliation des tarses et des tibias, ainsi qu'une dépigmentation du tégument, plus ou moins complète suivant les espèces. Sur l'ail, retenons également la présence de sensilles.

Les *Curculionidae* ne présentent pas, non plus, de particularités très appréciables. Cependant, chez *Eremiarhinus margarintus* Fairm., une certaine hypertrophie sensillaire, un élargissement apical

des tibias antérieurs et une pseudociliation des tarses peuvent être constatés¹.

3. Autres ordres

Il n'est guère de ma compétence d'examiner par le détail les particularités morphologiques des sabulicoles appartenant aux ordres autres que celui des Coléoptères. Cependant, dans certains cas, elles sont d'une telle importance qu'il paraît difficile de ne pas les citer brièvement.

1. Dictyoptères *Corydiidae*. — Nous remarquons là, dans les genres *Heterogamodes* et *Nymphrytria*, dont toutes les espèces sont fouisseuses, une forte hypertrophie de tous les appareils sensillaires. Les pattes sont courtes et puissantes. Les tibias sont armés, vers l'apex, de fortes épines finement dentées. Tarses bi-ciliés. Ongles très réduits. Tégument à peu près totalement dépigmenté chez les formes de plein erg.

Les deux sexes sont d'aspect bien différent (fig. 47-48). Le ♂, de forme allongée, est ailé; ses yeux et ses ocelles sont bien développés; ses pattes sont relativement longues et les épines tibiales assez grêles; les sensilles sont très étirées. Il vole la nuit et vient aux lumières.

La ♀, de forme large, est totalement dépourvue d'aile; ses yeux sont réduits et ses ocelles pratiquement nuls; ses pattes sont courtes et les épines tibiales fortes et alignées sur l'extrémité apicale du tibia, elle-même très élargie; les sensilles sont peu étirées, certaines même sont très fortement comprimées. Elle ne quitte jamais la profondeur du sable. (Voir, en outre, L. CHOPARD, 1938).

2. Isoptères *Rhinotermitidae*. — Une nette hypertrophie, particulièrement notable chez les soldats, atteint les appareils sensillaires de la patte de *Psammotermes hybostoma* Desn.

3. Hyménoptères *Methocidae*. — Ce sont les hyménoptères les plus étroitement liés aux sables vifs. En plus de l'hypertrophie générale des sensilles, nous remarquerons, chez *Myzine pici* Tourn. en particulier (fig. 49), mais aussi chez les autres représentants du groupe, une patte excessivement courte, puissante, surtout par le tibia et le fémur. Les tibias sont armés dans les deux sexes de sensilles robustes. Tous les tarses sont intérieurement ciliés et portent à l'extérieur des bouquets et des couronnes de fortes sensilles. Ongles réduits. Tégument assez dépigmenté. Antennes courtes.

Ailes présentes mais réduites, in fonctionnelles. Yeux et ocelles réduits. Ne paraît pas quitter la profondeur du sable.

Nous rappellerons, bien entendu, la présence du *peigne*, qui est la règle chez la femelle dans de nombreux groupes d'Hyménoptères fouisseurs.

(1) Un *Elateridae* : *Megapenthes pierrei* Leseign. (L. LESEIGNEUR, 1955) présente, en plus d'une dépigmentation bien nette, un étirement sensible des sensilles bien que sa vie sabulicole soit probablement très limitée.

4. Hyménoptères *Formicidae*. — En ce qui concerne *Cataglyphis bombycina* Roger, Fourmi sabulicole typique, F. BERNARD (1948, 1951) a attiré l'attention sur le dense revêtement de sensilles argentées et sur le développement important du *psammophore* chez l'ouvrier. Cet auteur note encore que, chez le « soldat » (fig. 128), les mandibules fortement hypertrophiées, interviendraient d'une manière particulièrement efficace au moment du fouissement.

Il faut ajouter à cela une pseudo-ciliation très sensible des tarsi.

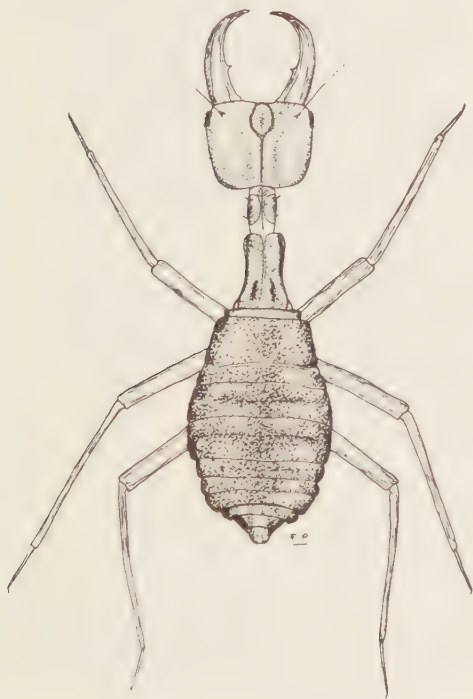


FIG. 112.
La larve de
Berlandus saharæ Pierre.
(D'après F. PIERRE, 1950).

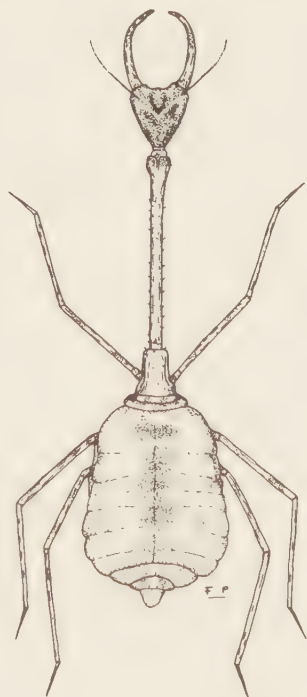


FIG. 113
La larve de
Pterocroce troglophilus Pierre.
(D'après F. PIERRE, 1950).

La larve, par contre, toujours suivant F. BERNARD, ne présente aucune particularité morphologique bien marquée.

5. Planipennes *Myrmecleonidae* et *Nemopteridae*. — Les *Myrmecleonidae* récoltés, dont J. AUBER (1955) vient de dresser la liste, sont presque tous des formes à vaste répartition. Les particularités morphologiques des larves de *Myrmecleonidae* sont trop classiques pour que nous nous y arrêtions. Quant à l'adulte, il faut noter chez la forme la plus typiquement saharienne : *Nophis teilhardi* Nav., ainsi

que chez les *Nemopteridac Crocini* une nette hypertrophie sensillaire, là aussi assez généralisée.

Quant aux larves de *Crocini* observées (fig. 112-113) à la surface des sables éoliens des cavités souterraines, une étude en a été donnée ailleurs (F. PIERRE, 1950). Aucune particularité bien évidente ne peut être décelée si ce n'est un assez fort développement des sensilles de la patte.

6. Diptères. — Chez les Diptères régulièrement inféodés aux sables de notre région, l'hypertrophie des sensilles de la patte est constante. Elle aboutit parfois à une pseudo-ciliation de tous les tarses (*Asilidac*), ou bien des tarses intermédiaires ou postérieurs seulement (*Therevidac* : *Thereva* n. sp.)¹.

La nymphe est munie de crochets répartis en divers points du corps. Ils interviendraient au cours de la remontée précédant l'éclosion (E. SÉGUY, comm. verb. et 1950).

7. Hétéroptères *Cydnidae*. — Là, nous noterons une hypertrophie sensillaire importante, un épaississement de tous les tibias et



FIG. 114. — La patte antérieure
de *Neomargarodes*
erythrocephala Green.

une tendance à l'élargissement apical des tibias antérieurs (fig. 50). Une nette régression des tarses s'observe également chez toutes les espèces citées. Une dépigmentation plus ou moins accentuée peut être aussi retenue.

Tous sont ailés et viennent à la lumière.

8. Homoptères *Margarodidae*. — Le ♂ de *Neomargarodes erythrocephala* Green a les pattes antérieures terminées par une forte griffe, arme extraordinairement puissante (fig. 114). Ailé, vient à la lumière.

La ♀ s'enkyste sur la plante-hôte, dans le sable à une faible profondeur, dans une gangue de grains de sable que cimente une sécrétion de l'Insecte.

9. Thysanoures *Lepismatidae*. — Chez *Mormisma pycrimhoffi*

(1) Cette ciliation se retrouve chez *Dolichotachina marginella* Wied. dont l'éclosion a été observée dans les sables du Grand Erg Occidental à Béni Abbès.

Silv., tous les appareils sensillaires sont considérablement développés. Pattes fortes (fig. 111).

*
**

J'ai surtout voulu montrer dans ce chapitre la *constance* chez les formes les plus intimement liées aux sables vifs de certaines particularités morphologiques.

Toutes ces particularités, sans exception, apparaissent comme autant d'hypertrophies plus ou moins accentuées atteignant inégalement les différents organes. Mais, quelle que soit l'importance de la modification, les caractères profonds demeurent, indiscutablement, ceux de la lignée.

Il nous faut remarquer que l'orientation de ces hypertrophies n'est pas uniforme : elle peut tendre soit vers un étirement, soit vers une compression de l'organe. Parfois, les deux tendances se trouvent réunies chez la même espèce. Notre opinion diffère donc de celle de H. GEBIEN (1939) qui note pour les Ténébrionides du désert un étirement assez généralisé.

Si, pour cerner le sujet de plus près, nous nous limitons à examiner, parmi les vrais sabulicoles, les particularités morphologiques des Ténébrionides, bien que la plupart de ces conclusions soient applicables à l'ensemble de la faune examinée, nous constatons, statistiquement, en fonction des différents types larvaires et imaginaires (tableaux XXIV-XXV), que :

1° Chez la larve :

L'*hypertrophie sensillaire*, la *contraction de la patte*, l'*hypertrophie ongulaire* et la *ciliation de la patte* sont des caractères absolument constants : 100 % des espèces.

2° Chez l'adulte :

a. L'*hypertrophie sensillaire*, la *pseudophysogastric* et la *cavité sous-élytrale* sont des caractères rigoureusement constants : 100 % des espèces.

b. La *contraction* généralisée de la patte et de l'antenne n'est constante que dans le type opatrien.

c. L'*étirement* des pattes intermédiaires et postérieures et de l'antenne est un caractère constant dans les types érodien, tentyrien et pimélien où il atteint 100 % des espèces.

d. La *pseudociliation* des tarses, des tibias, des fémurs, ainsi que la modification des ongles et des éperons, atteint les types érodien, tentyrien et opatrien avec une fréquence de 100 %.

e. La *ciliation* tarsale n'est rigoureusement constante que dans le type pimélien : 100 % des espèces.

f. La modification de l'ongle et des éperons est constante dans les types érodien et opatrien : 100 %. Ces particularités n'atteignent que 50 % des tentyriens. Dans le type pimélien, deux espèces sur douze accusent un étirement très sensible des ongles.

L'aptérisme est très fréquent : 92,3 % des espèces.

Enfin, la dépigmentation varie suivant les groupes. Elle atteint 43,7 % des érodiens, les tentyriens, deux piméliens sur douze, et quatre opatriens sur neuf.

3° Remarquons en outre que, pour l'ensemble des Insectes observés :

a. L'*hypertrophie sensillaire* est généralement maximum chez les espèces *dépigmentées* ou tendant vers la dépigmentation.

b. Dans quelques cas, ces particularités peuvent être en partie *liées au sexe* : le peigne des Hyménoptères, les ciliations des Asilides, par exemple, ou bien encore ces caractères sexuels secondaires si insolites chez les Ténébrionides : étirement extraordinaire du dernier article antennaire chez le ♂ des *Leptonychus*, élargissement du dernier tarse chez le ♂ de *Gonocephalum prolium* Er., lequel par ailleurs n'a guère de rapport avec le sable.

c. Les *Anemia* (Ténébr.) et tous les *Saprinus* sabulicoles (*Hist.*) les plus atteints peut-être dans leur morphologie, n'en demeurent pas moins munis d'ailes fonctionnelles. Inversement, l'aptérisme peut être aussi la règle dans des tribus entières telle que, chez les Ténébrionides, celles des *Pimeliini* où de nombreuses espèces n'ont aucun rapport avec le sable.

Quelle peut être la signification profonde de particularités aussi marquées ? Bien des hypothèses ont été émises à propos du sens qui pourrait leur être accordé :

R. PAULIAN (1943) voit dans la sculpture compliquée des Coléoptères des zones désertiques en général l'action de mêmes conditions écologiques. Il n'y aurait pas eu « évolution parallèle de colonies isolées à partir d'une souche commune, mais convergence de formes bien séparées, vivant dans des milieux identiques ».

E. C. van DYKE (1933) a une opinion un peu analogue.

F. BERNARD (1948), en ce qui concerne les détails de structure des Fourmis, est très précis : « L'action de la température et de l'humidité sur les téguments des nymphes est démontrée : en milieu anormal la chitine et les scléroprotéines sont sécrétées de façons différentes, et donnent à la carapace adulte des couleurs et un relief de détails nouveaux ». Et plus loin : « ... Mise à l'étuve à Paris, une fourmière de grands individus sculptés, brun-noir et à fortes épines, a donné une majorité de nouvelles ouvrières très jaunes, presque lisses, à courtes épines, ... »¹.

P. de PEYERIMHOFF (1936) a insisté sur le fait que, taxonomiquement, les *Saprinus* (Col. *Hist.*) sabulicoles du Nord de l'Afrique ne pouvaient être séparés de l'ensemble : « En réalité, tous ces *Saprinus* à pattes élargies sont un agrégat d'éléments composites ... ». Il ajoute plus loin : « ... propres (les caractères) non pas à la lignée,

(1) Pour les Coléoptères, de cette action de la température résulteraient des caractères inverses (cf. R. PAULIAN, *loc. cit.*). En fait, ces deux types de caractères peuvent être observés et il semble bien que les facteurs externes ne soient pas seuls en cause.

mais à de petites séries détachées çà et là de la masse des espèces dites normales ... ».

C. DELAMARE DEBOUTEVILLE (1951) enfin, à propos d'un groupe qui ne retient pas ici directement notre attention : les Collemboles, mais au sujet d'une question analogue : « ... cette uniformité physiologique est subordonnée à l'histoire des lignées ... ».

On ne peut nier évidemment que dans quelques menus détails l'action directe et quasi immédiate du milieu puisse intervenir, bien qu'à ce sujet nous ayons vu que la profondeur du sable où s'installent les formes les plus spécialisées n'est ni un milieu rigoureusement sec, ni un milieu à température élevée. Nous avons vu également que les malformations dues à des écarts importants de l'optimum écologique étaient extrêmement rares, les populations étant assez constantes.

Notons encore, nous y reviendrons, que dans les dunes littorales où l'exoclimat et l'endoclimat du sol étaient considérablement plus tempérés que dans les sables du désert, nous rencontrons dans des faunes d'origines différentes les mêmes particularités. On a élevé des générations de *Tenebrio molitor* L. dans des conditions de température et d'humidité excessivement variées sans que jamais la moindre modification sensillaire ou pigmentaire apparaisse.

J'inclinerais davantage à voir, pour ma part, la résultants d'une orientation particulière de la lignée ou d'un rameau de celle-ci. Ne pourrait-on pas penser en ce qui concerne les modifications profondes telles que l'hypertrophie sensillaire, la pseudophysogastrie, les modifications de la patte, dont résultent les types sabulicoles les plus spécialisés, qu'il y a là l'aboutissement d'une longue évolution étroitement guidée par des conditions écologiques d'une certaine stabilité, point qui n'est pas sans analogies avec ce qui peut être vu chez les cavernicoles ? La tendance à la dépigmentation qui accompagne souvent ces caractères, généralement considérée comme l'indice d'un stade évolutif élevé, d'une part, l'ancienneté d'un milieu doué d'une grande continuité dans le temps, d'autre part, appuieraient cette hypothèse.

CHAPITRE III

PARTICULARITES PHYSIOLOGIQUES DES SABULICOLES

Des deux éléments en présence dans nos sables : élément xéro-
phile des sables de surface, élément hygrophile des sables profonds,
le premier seul est appelé dans quelques cas à admettre des condi-
tions écologiques excessivement rudes. Ce sont donc essentiellement
les traits physiologiques de cet élément qui doivent retenir notre
attention.

Les aspects de cette physiologie assez particulière se traduisent
pour nous par la résistance au jeûne, la résistance à la dessiccation
et la résistance aux températures élevées et aux radiations. Ici égale-
ment, il nous faudra voir ce que sont les régimes alimentaires.

Tenebrio molitor L., Coléoptère Ténébrionide dont la physiolo-
gie a été très étudiée, bien que non saharien, mais remarquablement
euryhygre, nous montrera la position de la plupart des problèmes
maintenant abordés.

1. RÉSISTANCE AU JEUNE

La larve de *Tenebrio molitor* L., aux stades âgés et quelles que
soient les conditions éoclimatiques, peut vivre sans être alimentée
pendant plusieurs mois (P. A. BUXTON, 1930).

L'adulte, dans son optimum thermique, est apte à jeûner 20
jours en atmosphère sèche (h.r. = 0 %). En atmosphère humide (h.r.
= 100 %), dans les mêmes conditions de température, ce temps n'est
accru que de 4 jours, soit au total 24 jours (J. LECLERCQ, 1947-1948 a).
Sa longévité moyenne, dans des conditions optimales, est de 70 jours
(J. LECLERCQ, 1947-1948 b).

Chez *Pimelia bajula* Klug, Ténébrionide des régions arides de
Palestine, le temps de jeûne peut atteindre chez l'adulte pour une
température comprise entre 22 et 37° (F. S. BODENHEIMER, 1932) :

45 jours à	100 %	h. r.
97 jours à	0 %	h. r.
137 jours à	80 %	h. r. ¹ .

(1) Sans qu'il ait été tenu compte de l'âge de l'insecte.

Au Sahara, bien qu'il ne m'ait pas été possible d'expérimenter sur du matériel d'un âge connu et dans des conditions climatiques constantes, les quelques chiffres donnés aux tableaux XXVI-XXVIII, et traduits en courbes (fig. 115-116) nous montrent que les éléments fonciers de la faune sabulicole peuvent faire preuve à l'air libre, au laboratoire (l'activité de l'insecte se trouvant maintenue) tant en saison chaude (t° de 20 à 33° C, h. r. de 20 à 40 %) qu'en saison froide (t° de 15 à 25° C, h. r. de 25 à 50 %) d'une *grande résistance* au jeûne.

1. Coléoptères Ténébrionides

A. LARVE

Le temps de jeûne peut atteindre pour la larve âgée de *Pimelia a. lesnei* Peyer. 119 jours en saison froide et 82 jours en saison chaude, alors que pour l'adulte ces temps sont respectivement de 80 et 70 jours. La larve âgée d'*Erodius exilipes* Luc. peut jeûner 43 jours en saison chaude.

B. ADULTE

Pimelia s. valdani Guér. peut jeûner 131 jours en saison froide et 40 jours en saison chaude; *Amphithrix pycrinhoffi* Esp., 20 jours en saison chaude; *Prionothea coronata* Ol., 68 jours en saison chaude.

2. Autres Coléoptères

Dans d'autres familles, les Coléoptères accusent des temps de jeûne plus courts : en saison chaude, l'Histéride *Philothis chobauti* Théry, 12 jours; le Masoréide *Graphopterus serrator* Forsk., 13 jours; chez les Scarabéides, *Sitiphus ammodites* Peyer. jeûne 2 jours seulement alors que chez *Tropinota squalida* Scop., ce temps peut atteindre 17 jours.

3. Autres ordres

On note : 42 jours chez le Dictyoptère Corydiide : *Heterogomides u. harterti* Chop. ♀; 26 jours chez un Erémiaphilide, du même ordre : *Eremiaphila* sp. (larve jeune); 31 jours chez le Lépisme *Mormisma pycrinhoffi* Silv.

Si la plupart des éléments étudiés, quel que soit leur poids (*Mormisma pycrinhoffi* Silv. ne pèse en moyenne que 12 mg), et aussi bien la larve que l'adulte, ont la possibilité de jeûner pendant

Temps de jeûne (1)

Ordres divers	Saison froide		Saison chaude	
	Dates	Temps (jours)	Dates	Temps (jours)
TENEBRIONIDAE				
COLÉOPTÈRES				
<i>Pimelia a. lesnei</i> Peyer. (larve âgée)	21-10-49 - 17-2-50	119	13-3 - 8-6-50	82
» <i>»</i> (adulte)	21-10-49 - 9-1-50	80	13-3 - 22-5-50	70
» <i>s. valdani</i> Guér.	7-12-49 - 23-4-50	131	13-3 - 5-5-50	53
<i>Prionotheca coronata</i> Ol.			22-4 - 30-6-50	68
»			25-8 - 5-9-49	10
<i>Erodinus exilipes</i> Luc. (larves âgées)			13-3 - 25-4-50	43
<i>Perithrix grandioris</i> Fairm.	18-12-49 - 8-4-50	111	13-3 - 22-4-50	40
<i>Amphithrix peyerimhoffi</i> Esp.			13-3 - 2-4-50	20
<i>Zophosis plana beraudi</i> Peyer.			13-3 - 3-4-50	21
MASOREIDAE				
<i>Graphopterus serrator</i> Forsk.			13-3 - 26-3-50	13
HISTERIDAE				
<i>Philothis chobauti</i> Théry			13-3 - 25-3-50	12
SCARABAEIDAE				
<i>Sitiphus ammodites</i> Peyer.			13-3 - 14-3-50	2
<i>Tropina squalida</i> Scop.			13-3 - 30-3-50	17
DICTYOPTÈRES				
CORYDIIDAE				
<i>Heterogamodes u. harterti</i> Chop. ♀			13-3 - 24-4-50	42
EREMIAPHILIDAE				
<i>Eremiaphila</i> sp. (larve)			20-3 - 16-4-50	26
THYSANOURÈS				
LEPISMATIDAE				
<i>Mormisma peyerimhoffi</i> Silv.			13-3 - 13-4-50	31

(1) Hors du sable, au Laboratoire de Béni Abbès.

de très longs temps, le Scarabéide *Sitiphus ammodites* Peyer., par contre, se montre peu résistant au jeûne. Il nous faut rappeler à ce sujet que cet insecte paraît surtout lié au sable profond et humide et que, de plus, son aire de répartition ne s'étend pas vers le Sud.

Il est intéressant de citer maintenant le travail de G. B. WALSH (1938) qui donne à propos des Coléoptères des sables littoraux des Iles Britanniques quelques temps maximums de survie au laboratoire, en atmosphère rigoureusement sèche :

<i>Notoxus monoceros</i> L. (<i>Anthicidae</i>)	13 jours
<i>Phylan gibbus</i> F. (<i>Tenebrionidae</i>)	14 jours
<i>Melanimon tibialis</i> F. (<i>Tenebrionidae</i>)	13 jours
<i>Phaleria cadaverina</i> F. (<i>Tenebrionidae</i>)	7 jours
<i>Aegialia arenaria</i> F. (<i>Scarabaeidae</i>)	1 jour

Nous pouvons voir que parmi ces Insectes, dont le développement s'effectue dans des conditions éoclimatiques nullement comparables à celles du Nord de l'Afrique, certains se montrent, dans des expériences excessivement sévères, également aptes à des jeûnes prolongés.

Aegialia arenaria F., qui par sa morphologie et son biotope peut dans une certaine mesure être comparé à *Sitiphus ammodites* Peyer., par contre, ne peut là encore survivre à de telles conditions de milieu.

2. RÉSISTANCE A LA DESSICATION

Cette particularité physiologique, en fait difficilement séparable de la précédente et, de plus, étroitement liée à la suivante : résistance aux températures élevées et aux radiations, se présente comme un phénomène assez complexe.

1. Position du problème

1. Expérimentalement. J. LECLERCQ (1947-1948 a) nous montre que chez *Tenebrio molitor* L. la larve absorbe une plus grande quantité de nourriture (farine à teneur en eau minime) en atmosphère sèche (h. r. = 0 %) qu'en atmosphère humide (h. r. = 55 %), pour un optimum thermique de 25-26° C¹.

En atmosphère sèche, la croissance de la larve est négligeable, car la presque totalité de la nourriture ingérée interviendrait dans la production métabolique, alors qu'en atmosphère humide elle est par contre très notable².

(1) J. MILLOT et M. FONTAINE (1937) nous apportent des données analogues à propos du Criquet pélerin.

(2) Notons de plus que G. FRAENKEL et M. BLEWETT (1944) signalent également que les larves de *Tribolium*, *Dermestes* et *Ephestia* ont la possibilité de produire une quantité d'eau métabolique proportionnelle à la siccité du milieu.

2. J. GOVAERT et J. LECLERCQ (1946) mettent en évidence pour la larve de cette même espèce jeûnant en atmosphère humide (h. r. = 100 %), que le taux hydrique de l'insecte augmente notablement, et inversement en atmosphère sèche. Ce point (qui avait déjà retenu notre attention au chapitre précédent à propos de la perméabilité de la cuticule) attesterait qu'il peut y avoir, si les conditions écologiques le permettent, effectivement hydratation ou déshydratation intracuticulaire du milieu interne.

3. Chez l'adulte, J. LECLERCQ (1947-1948 b) rapporte qu'à son éclosion, normalement alimenté dans son optimum écologique, *Tenebrio molitor* L. subit une lente mais progressive déshydratation aboutissant à la mort; cette déshydratation ne peut être enrayée en aucune manière; le taux de matières sèches et de graisses s'accroît vers le milieu de la vie, puis diminue jusqu'à la mort, le phénomène étant cependant inverse pour les graisses en ce qui concerne ce dernier point.

4. Ces expériences attirent encore notre attention sur le fait que, toujours chez l'adulte pris à l'éclosion, la perte de poids consécutive au jeûne en atmosphère sèche (h. r. = 0 %) pour un optimum thermique de 27° C est la résultante non seulement d'une déshydratation, mais encore d'une utilisation des matières sèches et des graisses, dont une partie intervient dans la production d'eau métabolique, ces phénomènes, par ailleurs, n'étant guère dissociables¹.

En atmosphère humide (h. r. = 100 %), pour la même température, la mort survient alors que le taux d'hydratation de l'insecte est encore important, les valeurs de matières sèches et de graisses demeurant analogues à celles enregistrées dans l'expérience en atmosphère sèche. Mais l'explication que nous donne LECLERCQ à ce sujet : « gaspillage des réserves énergétiques », paraît insuffisante.

5. En atmosphère humide, le temps de jeûne est de 24 jours; en atmosphère sèche, ce temps n'est plus court que de 4 jours seulement, différence en fait minime².

6. Quant à la nymphe, suivant le même auteur, ses matières sèches n'interviennent pas dans la formation d'eau métabolique et quel que soit l'état hygrométrique de l'air. Seule une perte d'eau par évaporation, suivant la loi de DALTON, minime même en air sec, peut être retenue. Elle est en rapport avec la perméabilité de la cuticule, perméabilité qui serait dans ce cas assez faible.

Rappelons à ce sujet que les quelques nymphes observées en territoire saharien étaient toujours installées profondément et, par conséquent, à l'abri de l'évaporation.

7. Retenons en outre que, selon J. LECLERCQ (1947-1948), le développement complet de *Tenebrio molitor* L. peut s'effectuer en

(1) Suivant cet auteur, ajoutons que l'intervention du facteur sexe est négative.

(2) La longévité de l'adulte pour une h. r. de 86 % et une t° de 25-28° C est de 70 jours environ. Elle tombe à 20 jours lorsque l'humidité relative est inférieure à 10 % (J. LECLERCQ, 1947-1948).

atmosphère à humidité relative comprise entre 0 et 86 %, un optimum pouvant être cependant discerné entre 35 et 75 %, pour une température de 25-28° C.

8. L'attention a encore été attirée sur quelques faits propres à jouer un rôle dans l'économie de l'eau chez les xérophiles : la fermeture des stigmates (K. MELLANBY, 1934¹ ; G. BERGOLD, 1935) ; le climat particulier de la cavité sous-élytrale et son étanchéité (J. B. DIZER, 1955 ; J. THÉODORIDÈS, 1955) ; l'imperméabilité du tégument (V. B. WIGGLESWORTH, 1945) ; la déshydratation des excréta² au niveau du rectum (V. B. WIGGLESWORTH, 1932 ; R. L. PATTON et R. CRAIG, 1939) ; la forte pression osmotique de l'hémolymphe (W. KÜHNELT, 1939), ainsi que sa haute teneur en protéines (Hyménoptères supérieurs, F. BERNARD, 1951 a).

Il faut encore faire état de l'enkystement chez les Cochenilles *Margarodidae*. F. S. BODENHEIMER (1955) rapporte que des kystes de *Margarodes* ont pu, au laboratoire, demeurer vivants 15 ans en atmosphère sèche.

Sans vouloir trop généraliser ce que nous venons de voir à propos de *Tenebrio molitor* L., il paraît cependant très vraisemblable que ce sont davantage des particularités physiologiques fondamentales tel que ce métabolisme des graisses et des matières sèches³, plus que les particularités secondaires qui viennent d'être brièvement passées en revue (sans cependant que leur rôle soit négligeable), qui interviennent surtout lorsqu'une espèce xérophile se trouve durablement atteinte par des conditions écologiques critiques. La résistance à la dessiccation est donc essentiellement fonction dans ce type physiologique d'Insecte non seulement de la valeur quantitative initiale de l'hydratation, mais encore de celle des graisses et des matières sèches.

Chez les Insectes du désert, l'examen de l'évolution du poids global et de la valeur pondérale de l'excrétion dans le même temps en fonction du jeûne, peut donc déjà nous renseigner sur l'allure du phénomène.

(1) L'auteur rapporte à ce sujet que la larve de *Tenebrio molitor* L., normalement nourrie, perd 0,051 mg de plus par heure en air sec qu'en atmosphère à h. r. optimale ; après le jeûne, les spiracles s'ouvrant à une fréquence moindre, ce chiffre n'atteint plus que 0,015 mg. Mais ici rien ne prouve que ce rythme plus lent d'ouverture des stigmates n'est pas la conséquence d'un épuisement dû à l' inanition.

Toujours, suivant cet auteur, signalons de plus que la présence d'une certaine quantité de CO₂ dans l'atmosphère accroît le rythme d'ouverture des stigmates. Or, nous savons que dans l'endoatmosphère des sables sahariens (C. KILLIAN et D. FÉHER, 1939) le taux de CO₂ est minime. Ce facteur peut donc intervenir favorablement dans l'économie de l'eau, le temps d'ouverture des stigmates se trouvant ainsi réduit.

(2) J'ai cependant noté pour les excréta de *Prionotheca coronata* Ol. une teneur en eau de 28,5 %.

(3) Le rôle des graisses dans l'apport d'eau de métabolisme a été souligné par F. BERNARD (1951) à propos des larves de Fourmis sahariennes. Cet auteur suggère aussi que le développement peu important des glandes salivaires pourrait entraîner une certaine économie d'eau.

2. Evolution du poids global et valeur pondérale de l'excrétion en fonction du temps de jeûne

Les résultats rapportés aux tableaux XXVII et XXVIII et que traduisent les courbes cumulatives (fig. 115-116) s'appliquent à l'individu ou groupe d'individus d'une même espèce ayant jeûné pendant le plus long temps. Ce sont donc là encore des *maxima* qui sont exprimés, points surtout recherchés dans ce chapitre.

Nous préciserons de plus, bien que la plupart de ces Insectes échappent au minimum d'h. r. en s'enterrant pendant l'heure chaude dans le sable, où l'air est plus humide, qu'ils n'en demeurent pas moins exposés pendant de très longs temps à l'état hygrométrique excessivement bas qui règne à la surface en saison chaude, même pendant la nuit. (Part. I, ch. II et III).

Techniques. — Les pesées sont effectuées à l'aide d'une balance de précision sensible au 1/10 de mg. permettant d'apprécier le demi mg. Les sujets d'expériences, maintenus dans des récipients de verre, sont en activité à peu près constante, même en saison froide¹, du simple fait qu'ils se trouvent hors du sable. Les conditions climatiques sont indiquées parallèlement aux résultats.

Critiques. — Les résultats ne sont comparables entre eux qu'approximativement, l'âge des sujets d'expériences étant inconnu d'une part et, d'autre part, les conditions climatiques n'étant pas rigoureusement constantes.

1. Coléoptères Ténébrionides. — Nous voyons ici que :

Chez la larve :

1° La perte de poids pour des sujets âgés atteint en saison froide et en saison chaude, quel que soit le temps de jeûne et les conditions éoclimatiques, 50 % du poids initial aussi bien chez *Pimelia a. lesnei* Peyer. que chez *Erodius exilipes* Luc.

2° Chez *P. a. lesnei* Peyer., la perte de poids est considérablement plus rapide en saison chaude qu'en saison froide.

Chez l'adulte :

1° La perte de poids n'atteint pas un taux aussi élevé que chez la larve (*Pimelia a. lesnei* Peyer.). Mais, néanmoins, chez *Perithrix granidorsis* Fairm., cette perte peut atteindre près de 45 % du poids initial.

2° La perte de poids, ainsi que l'on s'y attendait, est également plus rapide en saison chaude qu'en saison froide (*Pimelia a. lesnei* Peyer. et *P. s. valdani* Guér.).

(1) Rappelons que celle-ci est brève et relativement peu marquée.

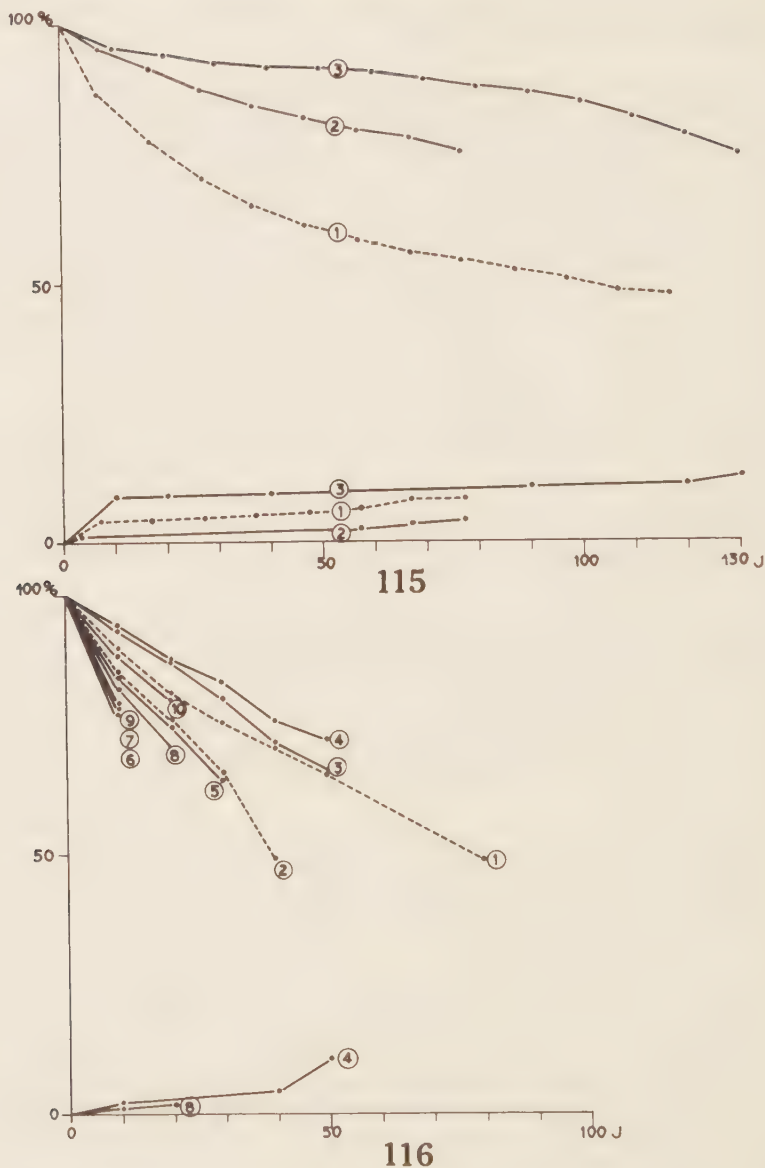


FIG. 115-116. — Perte de poids en fonction du jeûne léthal chez les sabulicoles et (en bas) valeur pondérale de l'excrétion (courbes cumulatives).

115. En saison froide : 1, larve de *Pimelia angulata lesnei* Peyer.; 2, Adulte; 3, *P. subquadrata valdani* Guér. — 116. En saison chaude : 1, larve âgée de *Pimelia angulata lesnei* Peyer.; 2, Larve d'*Erodium exilipes* Luc.; 3, *Pimelia angulata lesnei* Peyer.; 4, *P. subquadrata valdani* Gér.; 5, *Perithrix granidorsis* Fairm.; 6, *Graphopterus serrator* Forsk.; 7, *Tropinota squalida*; 8, *Heterogamodes ursina* Burm.; 9, *Mormisma peyerimhoffi* Sil.; 10, *Eremiaphila* sp. larve jeune.

TABLEAU XXVII
Perte de poids en fonction du jeûne léthal en saison froide (1)
 (En mg)

CONDITIONS D'EXPÉRIENCE				Col. Teneb.			CONDITIONS D'EXPÉRIENCE				Col. Teneb.	
Dates	Temps (Cumul. en j.)	Températures (° C.)	Hum. rel. (%)	Larve âgée		Adulte	Dates	Temps (Cumul. en j.)	Températures (° C.)	Hum. rel. (%)	Adulte	
				<i>Pimelia</i> <i>a. lesnei</i> Peyer.	Id. (Excreta)	<i>Pimelia</i> <i>a. lesnei</i> Peyer.					<i>Pimelia</i> <i>s. vallanti</i> Guér.	Id. (Excreta)
22-10-49	1	25	25	39	1	15	8-12-49	1	15	50	18	24
23-10	2	—	—	49	1	11	10-12	2	—	—	11	41
24-10	3	—	—	41	36	12	12-12	5	—	—	6	14
26-10	5	—	—	40	33	19	17-12	10	—	—	8	2
28-10	7	—	—	42	33	14	27-12	20	—	—	9	0
7-11	17	—	—	156	5	74	6-1-50	30	—	—	18	0
17-11	27	22	28	123	7	57	16-1	40	—	—	6	4
27-11	37	20	30	87	8	37	26-1	50	—	—	5	0
7-12	47	15	50	66	10	37	5-2	60	16	40	8	—
17-12	57	—	—	53	16	43	15-2	70	18	—	9	—
27-12	67	—	—	39	17	29	25-2	80	—	—	11	—
6-1-50	77	—	—	32	8	36	7-3	90	—	—	16	5
16-1	87	—	—	29	0	—	17-3	100	20	—	14	0
26-1	97	—	—	28	—	—	27-3	110	23	30	29	—
5-2	107	16	40	42	—	—	6-4	120	23	—	30	6
15-2	117	11	—	19	—	—	16-4	130	25	—	34	12
Poids initial				1666		1668	Poids initial				909	
Perte de poids (2) %				53,1		35,1	Perte de poids (2) %				25,5	

(1) Hors du sable, au Laboratoire de Béni Abbès.

(2) Non compris les *excreta*.

TABLEAU XXVIII

Perte de poids en fonction du jeûne léthal en saison chaude (1)
(En mg)

Conditions d'expérience				Col. TENEB.				Col. divers		Ordres divers					
Dates	Temps (cumul. en j.)	Température (° C.)	Hum. rel. (%)	Larve âgée	Adulte				Adulte		Adulte				Larve
				<i>Pimelia</i> <i>a. lesnei</i> Peyer.	<i>Erodinus</i> <i>exillipes</i> Luc.	<i>Pimelia</i> <i>a. lesnei</i> Peyer.	<i>Id.</i> (Excreta)	<i>Pimelia</i> <i>s. valdani</i> Guér.	<i>Perithrix</i> Fairm. (2)	<i>Graphopterus</i> <i>serrator</i> Forsk. (Masoreidae)	<i>Tropinota</i> <i>squalida</i> Scop. (Scarabaeidae)	<i>Heterogamodes</i> <i>u. harterli</i> Chop. (3)	<i>Id.</i> (Excreta)	<i>Mormisma</i> <i>peyerimhoffi</i> Silv. (4)	
14-3-50.	1	20	40	32	15	15	16	11	1,3	10	10	12,5	2,5	0,75	2
16-3 ...	3	—	—	36	11	29	9	21	1,0	10	6	10,2	0,5	0,5	3
18-3 ...	5	22	40	43	14	24	0	13	1,1	5	6	9,5	0,5	0,5	2
23-3 ...	10	22	30	100	31	66	3	29	2,5	23	9	24,7	3,0	1,5	3
2-4 ...	20	—	—	159	48	113	0	63	5,0			40,5	4,0		8
12-4 ...	30	27	25	116	50	143	0	44	4,1						
22-4 ...	40	—	—	110	67	182	25	98							
2-5 ...	50	—	—	99		109	60	45							
1-6 ...	80	33	20	323											
Poids initial				1996	470	2019		1168	37,8	209	135	338		16,3	96
Perte de poids (5) %				51,0	50,2	33,7		27,6	35,4	22,9	22,9	28,8		20,5	18,7

(1) Hors du sable, au laboratoire de Béni Abbès.

(2) Moyenne sur 6 individus.

(3) Moyenne sur 2 individus.

(4) Moyenne sur 8 individus.

(5) Non compris les excreta.

2. **Autres Coléoptères.** — La perte de poids de l'adulte chez *Graphopterus serrator* Forsk. (*Masoreidae*) et chez *Tropinota squallida* Scop. (*Scarabacidae*), l'un et l'autre cependant assez xérophiles, est, en saison chaude, excessivement rapide si nous la comparons à celle que nous avons notée pour les Ténébrionides. En effet, en 10 jours, chacun de ces insectes perd 20-25 % de son poids.

3. **Autres ordres.** — *Heterogamodes u. harterti* Chop. (Dict. *Corydiidae*) perd en saison chaude 30 % de son poids en 20 jours.

Mormisma peyerimhoffi Silv. (Thys. *Lepismatidae*) peut perdre en saison chaude, en 10 jours, 20 % de son poids.

La larve d'*Eremiaphila* sp. (Dict. *Eremiaphilidae*), représentant d'un groupe considéré comme le plus apte à la vie saharienne, et pris dans cette expérience aux fins de comparaison, peut perdre 20 % de son poids en 20 jours. L'Insecte, lorsqu'il n'a pas la possibilité de s'alimenter, ne fait donc preuve, en fait, que d'une résistance toute relative.

Avant d'examiner sommairement la valeur quantitative de l'excrétion, nous remarquerons encore que lorsque l'on étudie une courbe établie par un nombre de points suffisants, l'allure n'en est pas uniforme. Elle montre généralement trois phases, séparées les unes des autres par un « décrochement » plus ou moins sensible. Nous pouvons voir (courbes de perte de poids et d'excrétion nos 1, 2, 3, fig. 115, et nos 1, 2, 3, 4, 5, fig. 116), compte tenu de ce que J. LECLERCQ (1947-1948 b) met en évidence à propos de la composition chimique élémentaire chez *Tenebrio molitor* L. pendant le jeûne, que la perte de poids globale résulte en fait d'états physiologiques successifs correspondant à :

1. Une phase d'activité intense que traduit d'emblée, cela va de soi, une perte de poids importante.

2. Une phase d'activité restreinte pendant laquelle la perte de poids est assez limitée et où l'appel important fait alors aux réserves grasses pourrait rendre compte de la tendance à la « stabilisation » de la courbe.

3. Une phase d'activité nulle, précédant de peu la mort, pendant laquelle la perte de poids s'accroît, et qui coïncide avec la fin d'utilisation des réserves grasses, celles-ci alors excessivement basses¹.

Les courbes d'excrétion pouvant être établies (fig.) reflètent assez fidèlement les phénomènes que nous venons d'entrevoir. Elles confirment que des réserves autres que des réserves d'eau sont utilisées puisqu'elles s'élèvent jusqu'à la mort et que ce sont finalement celles-ci qui ont un rôle important dans la résistance à la dessiccation.

Nous donnerons encore à ce paragraphe (tabl. XXIX, fig. 117)

(1) Ces différentes phases sont également apparentes sur les courbes de G. B. WALSH (1938), concernant des Coléoptères euryhygres et sténohygres d'Angleterre examinés d'un point de vue analogue au nôtre.

TABLEAU XXIX
Eau, soluble dans le benzène bouillant, résidu,
chez quelques sabulicoles

Ordres divers	Dates	Poids total (En mg)	Eau (En mg)	Soluble (En mg)	Eau (% du p. total)	Soluble (% du p. total)	Résidu (% du p. total)
TENEBRIONIDAE							
COLÉOPTÈRES							
<i>Pimelia a. lesnei</i> Peyer (larve)	13-11-49	1161	791	51	68,1	4,3	27,6
<i>Erodus exilipes</i> Luc.	31- 3-50	914	614	139	67,1	15,2	17,7
<i>Pimelia a. lesnei</i> Peyer.	21-10-49	1178	736	118	62,4	10,0	27,6
<i>Pimelia s. vaidani</i> Guér.	27-10-49	702	427	80	60,8	11,8	27,4
<i>Prionotheca coronata</i> Ol.	20- 6-50	3094	1800	198	58,1	6,3	35,6
<i>Perithrix grandioris</i> Fairm. (1)	13- 3-50	35	19	1	54,2	2,8	43,0
CORYDIIDAE							
DICTYOPTÈRES							
<i>Heterogamodes u. hareterti</i> Chop.	13- 3-50	408	262	33	64,2	8,0	27,8
THYSANOURES							
LEPISMATIDAE							
<i>Mormisma pegerimhoffi</i> Silv. (1)	13- 3-50	12	8	2	64,2	8,0	27,8

(1) Moyenne sur 4 individus.

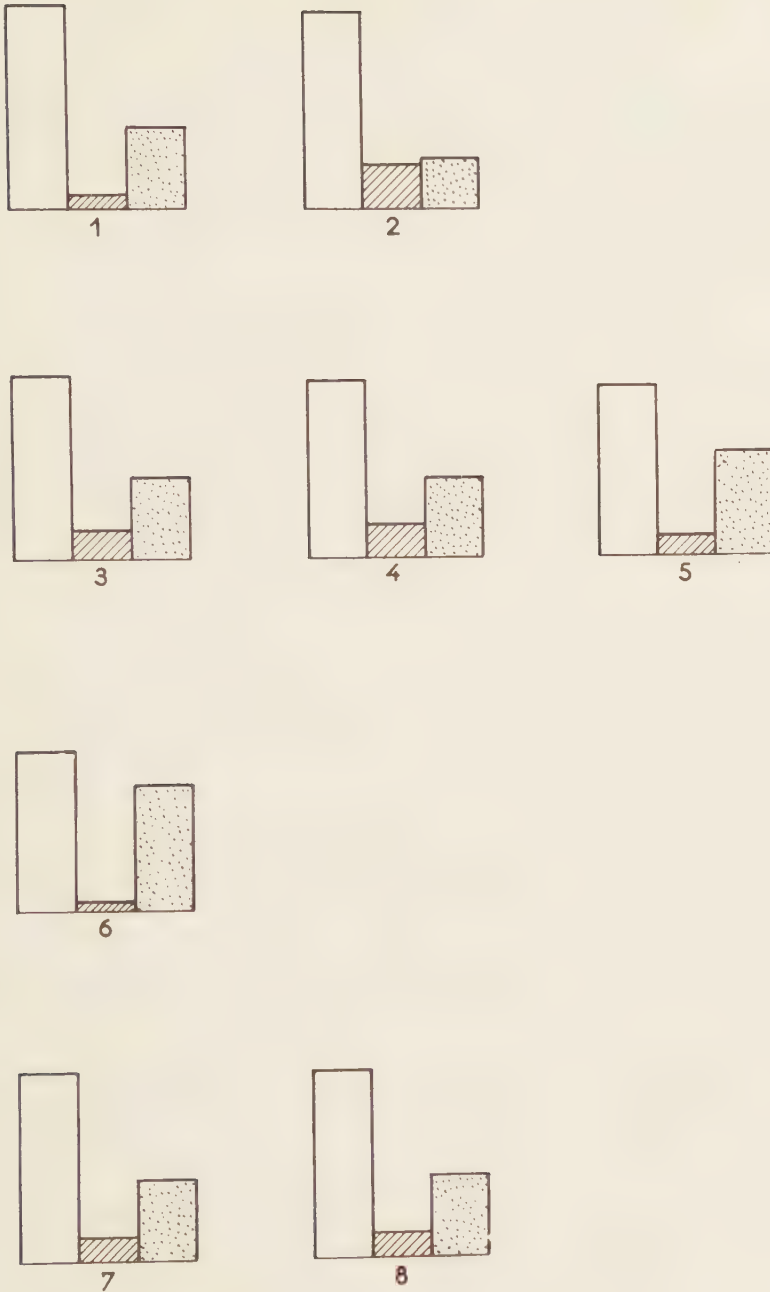


FIG. 117. — Eau, soluble dans le benzène bouillant, résidu, chez quelques sabulicoles.

- 1, larve de *Pimelia angulata lesnei* Peyer. (13-11-49); 2, larve d'*Erodium exilipes* (31-3-50); 3, *Pimelia angulata lesnei* Peyer. (21-10-49); 4, *P. subquadrata valdani* Guér. (27-10-49); 5, *Prionothea coronata* Ol. (20-6-50); 6, *Perithrix granidorsis* Fairm. (13-3-50); 7, *Heterogamodes ursina* Burm. (13-3-50); 8, *Mormisma peyerimhoffi* Silv. (13-3-50).

à titre de simple document, quelques valeurs moyennes ayant trait à la composition chimique élémentaire d'Insectes sabulicoles sahariens. Le taux hydrique n'accuse, quel que soit le stade, le groupe, la saison, que des écarts restreints, alors que pour les graisses (soluble dans le benzène bouillant) le taux varie dans des proportions importantes.

3. RÉSISTANCE AUX TEMPÉRATURES ÉLEVÉES ET AUX RADIATIONS

Plusieurs hypothèses ont été émises quant aux particularités biologiques susceptibles d'intervenir chez quelques éléments de la faune entomologique des régions arides, aptes à admettre les températures élevées qui règnent au milieu du jour pendant la saison chaude, tant à la surface du sol que dans l'air, températures parfaitement léthales pour les autres représentants.

1. Position du problème

Les particularités qui sont à la base de ces hypothèses, hypothèses qui pour la plupart se vérifient au moins en partie, sont de trois ordres :

a) *Morphologiques*. — La longueur des pattes, de laquelle résulte pour le corps de l'insecte un éloignement du sol et, par conséquent, un isolement d'autant plus important que la patte est plus longue, est une particularité souvent admise de façon implicite. R. CHAUVIN et J. d'AGUILAR (1946) en ont conclu, par exemple, que les *Pimelia* et les petites Fourmis vivaient dans des conditions de températures fort différentes.

Il faut cependant retenir là, qu'au point de contact avec le sol, au niveau des tarses, la température est néanmoins la même dans les deux cas.

Un tégument d'aspect métallique par interférence ou à pigmentation claire réfléchit les rayons I.R. (F. DUSPIVA et M. CERNY, 1934).

Les pigments noirs absorbent ces radiations mais, par contre, font écran à l'U.V. Les recherches de W. KÜHNELT (1939), F. S. BODENHEIMER (1953) ont ainsi montré que la densité du pigment régissait seule la pénétration de l'U.V., l'épaisseur même du tégument n'intervenant pas.

Il a encore été fait mention chez les Coléoptères du rôle isolant de l'air contenu dans la cavité sous-élytrale (P. KRUGER et F. DUSPIVA, 1933), ainsi que des revêtements de sensilles de teinte claire et des sécrétions de nature diverse (pruinosité, cires...), le plus souvent blanches ou peu colorées, recouvrant plus ou moins le tégument et susceptibles d'arrêter une partie des radiations (H. GEBIEN, 1938; R. PAULIAN, 1943; F. BERNARD, 1951; C. KOCH, 1955).

D. S. STRELNIKOV (1933-35) pense en outre que, chez les Insectes qui en sont pourvus, les sacs aériens peuvent avoir aussi un rôle dans le refroidissement du corps.

b) *Physiologiques*. — Il ne semble pas que l'attention ait été déjà attirée sur la faible conductibilité thermique de la chitine, aussi bien de celle qui entre dans la composition du tégument que dans celle des soies, en ce qui concerne les organes entrant en contact avec le sol, ainsi que sur une certaine inertie sensorielle qu'il faut bien admettre à ce niveau.

Le rôle de ces particularités pourrait être encore accentué par la vivacité de mouvements qui s'observe toujours chez les Insectes thermophiles dans leur optimum écoclimatique.

Bien qu'aucune recherche n'ait été encore effectuée, il peut être aussi supposé que la nature même des protéines peut être mise en cause chez quelques éléments (F. BERNARD, 1951 a).

Enfin, P. A. BUXTON (1924 a, 1932), — contredit par J. N. STRELNIKOV (1934) — puis F. S. BODENHEIMER (1931), nous montrent qu'il existe chez les Insectes une certaine *régulation* de la température interne (voir aussi E. B. EDNEY, 1957).

Cette « *pseudorégulation* » pose un problème excessivement complexe et, bien qu'encore à peine abordé, il semble que son rôle puisse s'accorder avec ce que nous avons vu au paragraphe précédent à propos de la perméabilité cuticulaire qui apparaît à partir d'une température suffisamment élevée et à laquelle fait suite une perte d'eau importante.

c) *Ethologiques*. — Il y a d'abord le fouissement sur lequel, vu la place qu'il occupe dans cette étude, nous n'insisterons pas. Nous avons à ce sujet de nombreuses observations concordantes dans l'ensemble, certaines mêmes déjà anciennes (R. N. CHAPMAN et a., 1926). Presque tous les sabulicoles s'enfoncent dans le sable dès que la température s'écarte de l'optimum ¹.

La vélocité avec laquelle s'effectuent les déplacements entraînerait un certain refroidissement (F. BERNARD, 1951) ².

Du même ordre, l'envol à la verticale pendant des temps brefs, lequel a été interprété chez certains Hyménoptères fouisseurs et chez certains Acridiens en tant que réactions de défense contre les températures élevées (R. N. CHAPMAN et a., *loc. cit.*; D. N. KACHKAROV et E. P. KOROVINE, 1942). J'ai été témoin de ce comportement sur la hamada de Béni Abbès chez *Sphingonotus octofasciatus* Serv. (Orth. Acrid.) le 2 août 1949 à 15 h 00 (T.U.).

Le « perchage » pourrait également dans quelques cas être retenu (auteurs ci-dessus et, en outre, T. MONOD (1953) et les toutes récentes observations de P. de MIRÉ (1952 a), concernant *Schistocera gregaria* Forsk.).

(1) Certains se réfugient exceptionnellement au collet des végétaux, sous les pierres et parfois même dans les terriers de Rongeurs.

(2) Le vent pourrait intervenir dans ce refroidissement (J. D. STRELNIKOV, 1933-35).

Sphingonotus octofasciatus Serv., précédemment cité, dans les mêmes conditions, peut pendant l'heure chaude quitter la surface de la hamada pour s'installer sur des cailloux et se trouver ainsi quelques centimètres au-dessus du niveau de celle-ci. Il est probable que là, l'échauffement de la roche est moins grand qu'au niveau du sol.

S'il va de soi que chez les Insectes phytophiles ce perchage intervient dans la recherche de l'optimum thermique, chez les sabulicoles où plusieurs espèces peuvent être vues sur des arbustes ou des plantes herbacées, il n'est généralement que la conséquence du régime alimentaire car il a lieu aux premières heures du jour. Plusieurs Coléoptères Ténébrionides effectuent régulièrement ces migrations verticales pour rechercher leur nourriture : *Folcya brevicornis* Peyer., *Leucolaeophus liliputanus* Luc., etc... J'ai cependant observé au printemps, vers onze heures du matin, dans le Grand Erg Occidental, à Béni Abbès, *Pimelia a. lesnei* Peyer. (Col. *Teneb.*) réfugié sur un arbuste à 50 cm du sol. Mais le fait est exceptionnel car, habituellement, l'insecte s'enterre pendant l'heure chaude.

Nous terminerons cette revue en rappelant l'un des aspects du phototropisme chez certains Acridiens qui paraît correspondre à une réaction de défense contre les températures élevées : l'orientation du corps parallèlement aux rayons du soleil (P.-P. GRASSÉ, 1922, 1923 ; G. FRAENKEL, 1929 ; F. S. BODENHEIMER, 1934). La température interne de l'insecte par rapport à celle de l'air ambiant pourrait être ainsi inférieure de 2, 5 à 4° C et, comme le fait remarquer L. CHOPARD (1938), ces quelques degrés peuvent avoir là une importance considérable.

La plupart des particularités mentionnées peuvent être admises comme ayant chacune, suivant les cas, une petite part dans l'abaissement de la température interne de l'insecte lorsque celui-ci doit subir des conditions thermiques excessives. Mais il semble bien que ce soit le phénomène de pseudo-régulation qui finalement intervienne le plus efficacement. Là, un simple examen de la perte de poids en fonction de la température extérieure peut aussi nous renseigner sur ce point.

2. Perte de poids en fonction de la température du milieu

Il nous faut d'abord préciser que sur les 125 vrais sabulicoles observés, 3 seulement peuvent être rencontrés normalement à la surface du sable lorsque celle-ci atteint une température supérieure à 50° C environ. Ce sont :

1° Une Fourmi : *Cataglyphis bombycina* Roger, dont l'activité à la surface du sol pendant le temps du maximum thermique quotidien a été remarquée il y a déjà bien longtemps (A. LAMEERE, 1902).

(1) Ce perchage peut être noté chez quelques Coléoptères Scarabéides *Cetoniini*. Là également les causes doivent en être recherchées ailleurs.

Perte de poids en fonction de la température et de l'humidité relative (1)
chez *Prionotheca coronata* Ol. (Col. *Teneb.*) adulte et chez *Eremiaphila* sp. (Dict. *Eremiaph.*), larve âgée

PRIONOTHECA CORONATA OL.												EREMIAPHILA sp.					
Soleil						Ombre (Laboratoire)						Soleil					
Dates et heures	Temp. air (°C)	Temp. sol (°C)	Hum. rel. (%)	Perte de poids (mg)	Excreta (mg)	Dates et heures	Temp. air (°C)	Hum. rel. (%)	Perte de poids (mg)	Excreta (mg)		Dates et heures	Temp. air (°C)	Temp. sol (°C)	Hum. rel. (%)	Perte de poids (mg)	Excreta (mg)
20-6-50						20-6-50						21-6-50					
6 h 00	30,0	27,8	17		33,0	6 h 00	35	12	7	0,2		6 h 00	29,6	27,6	11		
9 h 00	41,2	45,2	8	268	44,5	9 h 00	-	-	4	0,1	13	9 h 00	36,0	41,1	13	0	
12 h 00	43,4	52,0	7	Mort	52,6	12 h 00	-	-	5	0,1	14	12 h 00	43,2	57,1	8	1	0,7
						15 h 00	-	-	3	0,1	12	15 h 00	44,5	53,5	7	2	1,4
						18 h 00	36	10	3	0,1	0	18 h 00	40,0	41,5	9	1	1,4
						21 h 00	-	-	4	0,1	0	21 h 00	36,6	35,6	10	0,5	0,3
												22-6-50					
						21-6-50						6 h 00	28,1	27,6	18	0,5	0,3
						6 h 00	34	11	10	0,3	0						
Poids initial = 2806 mg						Poids initial						Poids initial					
						3029 mg						139 mg					

2° Deux coléoptères Ténébrionides : *Zophosis plana beraudi* Peyer. et *Z. p. arenarum* Peyer. (fig. 118) qui, assez exceptionnellement, peuvent quitter pendant quelques instants le refuge qu'ils occupent au pied des végétaux.

98 % des psammobies se trouvent ainsi conduits à rechercher dans la profondeur du sol des températures inférieures à 50° C, ce qui, nous l'avons vu lorsque nous avons étudié dans la première partie



FIG. 118. — *Zophosis plana arenarum* Peyer. in litt.

la température interne du sable, peut être aisément obtenu. Nous verrons plus loin en étudiant les rythmes d'activités que, sur ce nombre d'espèces, bien peu encore peuvent survivre lorsque le sol atteint cette température. A la fin du printemps, fin avril - début mai, l'activité à la surface du sable des espèces les plus spécialisées cesse le matin vers huit heures, la température du sol atteignant alors 30-35° C.

Les résultats rapportés maintenant (tabl. XXX, fig. 119-120), concernent un Coléoptère Ténébrionide de grande taille : *Prionothecca coronata* Ol. (fig. 121), sabulicole semi-diurne au printemps, nocturne en été, et admis comme typiquement saharien puisque son aire de répartition couvre l'ensemble du désert; aux fins de comparaison, nous joindrons à ceci des données se rapportant à une larve âgée

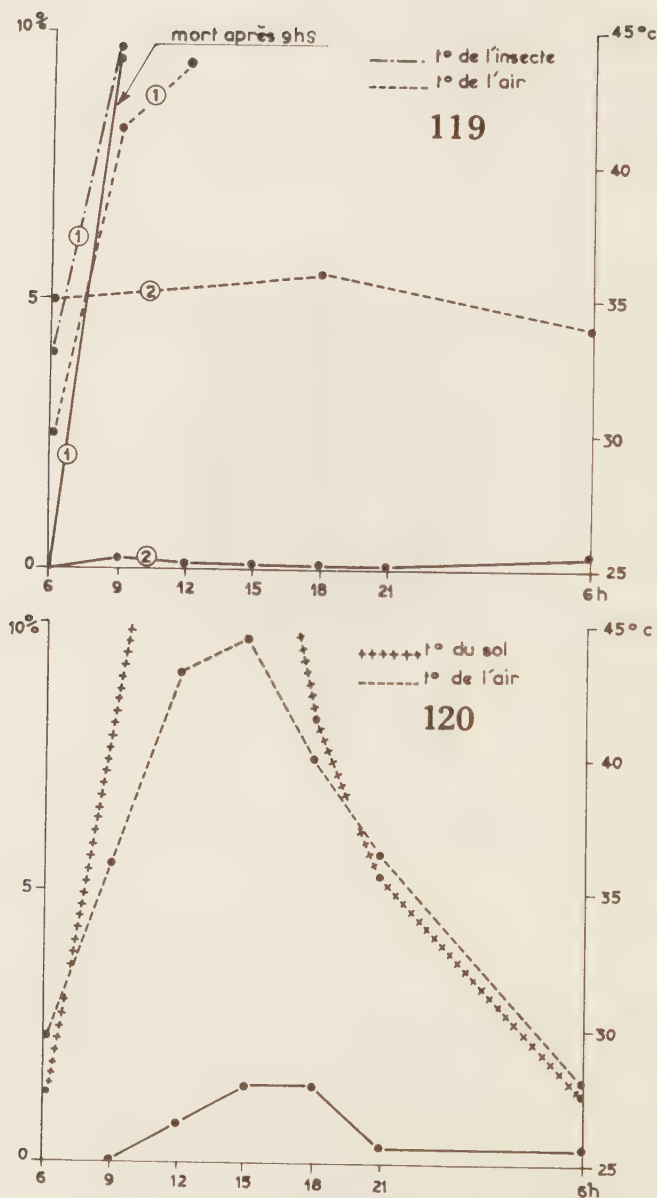


FIG. 119-120. — 119. Perte de poids en fonction de la température (et de l'humidité relative, v. tabl. XXX) du milieu chez un sabulicole : *Prionothea coronata* Ol. 1, à l'extérieur; 2, au laboratoire (en haut). 120. Chez un non sabulicole : *Eremiaphila* sp., à l'extérieur (en bas).

d'*Eremiophila* sp., Dictyoptère *Eremiophilidae*, famille dont les représentants, non sabulicoles, franchement diurnes, même en été, conquièrent les lieux les plus arides du Sahara.

Techniques. — Comme dans les expériences précédentes, les pesées ont été faites à l'aide d'une balance de précision sensible au 1/10 de mg et où le 1/2 mg peut être commodément évalué. Les Insectes étudiés (*P. Coronata* Ol. et *Eremiophila* sp.) sont exposés au soleil dans des récipients de verre (15 cm de diamètre sur 7 cm de hauteur), sur la terrasse du Laboratoire de Béni Abbès. Les conditions climatiques (température de l'air, température du sol, humidité relative) sont notées à chaque pesée. Parallèlement, en ce qui concerne *P. coronata* Ol., la perte de poids d'un exemplaire maintenu à l'ombre, au laboratoire, est également enregistrée, ainsi que la température et l'humidité relative de l'air. La température rectale de l'exemplaire exposé au soleil est prise avec un thermomètre fin du type « grain d'orge ». Courbes non cumulatives. Heures en T.U.

Critiques. — Là également nous ignorons l'âge des sujets d'expériences, lequel intervient dans la résistance de l'insecte aux températures élevées, le rôle de ce facteur dans ce type d'expérience étant d'une façon générale totalement inconnu (R. CHAUVIN, 1949). La température d'*Eremiophila* sp. n'a pu être enregistrée.

Dans notre expérience sur *Prionothea coronata* Ol. exposée au soleil, la mort survient entre 9 h 00 et 12 h 00, la température de l'air étant comprise entre 41,2 et 43,4° C, et la température du sol entre 45,2 et 52° C, chiffres déjà notablement élevés.

La température rectale de l'insecte, supérieure de 3° C à celle de l'air en début d'expérience, est alors à 9 h 00, peu avant la mort, encore supérieure à celle de l'air ambiant de 3,2° C et à peine plus basse que celle du sol (de 0,7° C).

Après la mort, elle est à 12 h 00 de 52,6° C, voisine alors de celle du sol (52° C).

La perte de poids entre 6 h 00 et 9 h 00 est massive : 9,5 % du poids initial de l'Insecte.

Chez l'exemplaire maintenu à l'ombre dans des conditions éoclimatiques à peu près stables ($t^{\circ} \pm 35^{\circ} \text{C}$ et h.r. $\pm 10 \%$), la perte de poids n'atteint en 24 heures que 0,7 % du poids initial et la courbe accuse au moment du maximum thermique de l'air un léger fléchissement qui indiquerait à ce moment une activité moindre, et inversement lors du minimum.

Chez ce dernier exemplaire, l'expérience montre en outre, très approximativement, ce que sont les réactions de l'insecte dans la profondeur du sable.

Chez *Eremiophila* sp., étudiée dans des conditions analogues un jour plus tard, les résultats obtenus sont autres. La courbe de perte de poids est assez directement proportionnelle à celle des températures de l'air et du sol, atteignant en « pointe » respectivement 44,5 et 57° C. Ces températures sont supportées sans que ni la

mort ni même aucun trouble apparent ne se manifestent. La perte de poids est cependant importante : 3,5 % du poids initial en 24 h.

Il est bien évident que là, pour survivre à une telle perte de poids, l'insecte en liberté doit s'assurer une alimentation abondante.

Pendant l'expérience, une nette orientation et une certaine inclinaison par rapport au soleil ont pu être observées : l'axe du corps tend à se situer parallèlement aux rayons.

Nous remarquerons encore que la dernière partie de la courbe,



FIG. 121. — *Prionothea coronata* Ol.

figurant la perte de poids nocturne, indique des valeurs très faibles coïncidant avec une activité à peu près nulle¹.

3. Contacts avec les sols surchauffés

A l'appui de ce qui a été dit plus haut à propos du rôle de la longueur des patte dans l'isolement du corps du sol lorsque la température devient excessive, et aussi de l'envol à ce moment, je rapporterai maintenant les résultats de mesures effectués en saison chaude à Béni Abbès le 20 juin 1950 à 15 h 00 (T.U.) :

(1) D'après G. SCHMIDT (1954-55), chez les Carabes, la transpiration serait inversement proportionnelle à la teneur en eau.

Température du sol en surface	53,2° C
» de l'air à 2 mm	47,1
» » 10 mm	45,9
» » 1 000 mm	43,5

Un abaissement très appréciable, 6,1° C, s'observe déjà entre la surface du sol et un point situé à 2 mm au-dessus. Mais le problème n'en demeure pas moins posé en ce qui concerne la température effective au point de contact de la patte avec le sol et là, on ne conçoit pas comment une régulation pourrait intervenir. La faible conductibilité thermique du tégument et une certaine inertie sensorielle, l'une et l'autre de ces particularités indirectement accentuées par la vivacité des mouvements, celle-ci rendant excessivement brefs les temps de contact, paraît être une hypothèse admissible. Ce point reste cependant à démontrer.

4. Températures léthales supérieures

A titre de simple document, j'ai tenté de déterminer la température léthale supérieure chez *Zophosis plana beraudi* Peyer. et chez *Cataglyphis bombycina* Roger, deux des rares Insectes qui, nous l'avons vu, sont actifs à la surface de la dune pendant l'heure chaude.

Plusieurs exemplaires de chacune de ces espèces sont placés dans un tube clos dont le bouchon est traversé par un thermomètre « grain d'orge ». Le tube est placé, à l'ombre, dans le sable chaud (18 mai 1951) :

1. *Cataglyphis bombycina* Roger (5 exemplaires, ouvriers).

Heure (T.U.)	t° (°C) ¹	Observations
13 h 27	40,5	
13 h 29	48,7	Condensation d'eau sur les parois du tube.
13 h 30	53,5	Mort.

2. *Zophosis plana beraudi* Peyer. (2 exemplaires, adultes).

Heure (T.U.)	t° (°C) ²	Observations
13 h 35	45,2	
13 h 40	48,8	
13 h 45	51,0	Condensation d'eau sur les parois du tube.
13 h 50	52,5	Mort.

(1) Air à l'intérieur du tube.

(2) Air à l'intérieur du tube.

Dans un cas comme dans l'autre, dans des conditions d'expériences extrêmement sévères (tube clos, atmosphère saturée, échauffement rapide), la mort survient dès que la température atteint 50° C. Notons là que les valeurs observées sont plus élevées que celles rapportées pour des Insectes des déserts de Palestine par H. Z. KLEIN (1933) où celles-ci ne dépassent pas 50,1° C (*Pimelia angulata* F.).

Les chiffres que donnent R. N. CHAPMAN et *alt.* (1926) pour les Insectes des dunes du Minnesota aux Etats-Unis sont aussi de cet ordre (50-55° C).

Mais le point le plus intéressant de cette expérience, toute succincte qu'elle soit, est la formation sur les parois du tube, peu avant la mort de l'insecte, d'une condensation qui indique d'une part, une perte d'eau importante par évaporation et, d'autre part, une atmosphère sursaturée: il y a donc bien « transpiration », et l'interruption de cette transpiration par la saturation ou l'épuisement des réserves d'eau, met probablement ainsi fin à la « régulation thermique ».

Quant à la température léthale elle-même, ces chiffres, étant donné les conditions sommaires de l'expérience, appellent bien entendu, quelques réserves. Si la régulation thermique s'était poursuivie encore quelques minutes, il est probable que la température léthale se situerait sensiblement au-dessus des chiffres indiqués. Nous savons en effet que celle-ci est fonction de nombreux facteurs, dont l'étude n'a encore été qu'effleurée (âge, temps d'exposition, conditions hygrométriques, etc., R. CHAUVIN, 1949).

4. RÉGIMES ALIMENTAIRES

L'analyse des facteurs biotiques nous a montré dans la première partie de cet ouvrage, que la recherche des aliments ne posait guère de problème chez les sabulicoles du désert puisque toutes les substances entrant dans les régimes alimentaires classiques des Insectes, quels qu'ils soient, existaient jusqu'au cœur des tanezroufts.

Examinés par le détail, ces régimes apparaissent, même chez les Coléoptères Ténébrionides qualifiés souvent d'omnivores, un peu hâtivement d'ailleurs, comme relativement spécialisés. D'une façon générale, le régime alimentaire des sabulicoles suit bien entendu la tendance du groupe auquel ils appartiennent.

Les faunes étudiées comprennent des phytophages, des harpactophages, des coprophages, des saprophages, des nécrophages même, dans le cas des Dermestides.

1. Coléoptères Ténébrionides

Les formes observées sont toutes, à la base, à l'état adulte, des phytophages acceptant dans leur alimentation la plupart des espèces

végétales à l'état frais. Quelques particularités se remarquent cependant çà et là.

1. *Erodini*. — Le genre *Erodium* dans son ensemble n'a pas de régime alimentaire bien strict. Si la plupart des espèces sont essentiellement des phytophages non spécifiques, des matières organiques diverses, tels que des *excreta* de Rongeurs, paraissent également utilisées.

Il en est de même des *Leptonychus* où, de plus, les graines encore vertes de la Graminée classique de l'erg : *Aristida pungens* Desf., tombées au pied de la plante, semblent apporter un complément.

Foleya brevicornis Peyer. mérite une mention particulière. Cette espèce, à l'état adulte, est un clethrophage exclusif qui s'attaque uniquement à la graine mûrissante d'*Aristida pungens* Desf., qu'elle va grignoter sur l'épi même, au printemps, le matin entre 7 et 8 heures.

2. *Zophosini*. — Tous les *Zophosis* étudiés sont phytophages et ne sont nullement inféodés à une plante particulière.

3. *Epitragini*. — Egalement phytophages. Régimes mal connus. L. CHOPARD (1935) a observé *Trichosphaena perraudierci* Mars. sur les plantes basses des oasis, dans la région de Ghardaïa.

4. *Tentyriini*. — Essentiellement phytophage, mais sans spécificité bien marquée. Excreta acceptés chez toutes les espèces et en particulier chez *Ammogiton peltieri* Peyer. où ils interviennent pour une grande part.

5. *Platyopini*. — *Leucolaelaphus liliputanus* Luc. est exclusivement phytophage. Il quitte le sable peu après le lever du soleil pour grimper sur *Retama ractam* Webb. jusqu'à plus d'un mètre du sol et grignoter là les rameaux de l'arbuste. *Retama ractam* Webb. est sa plante d'élection, mais il peut être vu sur d'autres végétaux, sur *Zygophyllum album* L. notamment.

Les *Storthocnemis* et *Pseudostorthocnemis* ont, que ce soit dans les djebels ou bien sur les hamadas, un comportement très analogue à celui de la forme précédente, mais ils ne s'attaquent qu'aux plantes basses.

6. *Pimeliini*. — *Prionotheca coronata* Ol., assez polyphage, paraît être surtout coprophage.

Euthripta griseus Fairm., lorsqu'il m'a été donné de l'observer dans le Chech, en région ultra-aride, se nourrissait des feuilles de *Limoniasstrum Guyonianum* Coss. et Dur., « perché » sur l'arbuste à plus d'un mètre du sol, le matin, au lever du jour.

La plupart des *Pimelia* sont très polyphages. En plus des débris

de végétaux frais, des *excreta* d'origines diverses sont acceptés par toutes les espèces.

7. *Opatrini*. — Tous sont phytophages. Mais, si dans les tribus précédentes l'adulte ne s'alimente qu'en surface, chez la plupart des *Opatrini* celui-ci ne quitte guère la profondeur. Il se nourrit, sur la partie souterraine de la plante qui lui donne asile, des bourgeons et de l'écorce. *Gonocephalum setulosum* Fald. seul fait exception, mais il s'agit d'une espèce plutôt psammoxène.

Nous pouvons encore préciser que si la qualité du végétal n'intervient pas d'une façon bien évidente, les espèces de l'erg : *Perithrix granidorsis* Fairm., *Amphithrix peyerimhoffi* Esp., *Caedius auriculus* Chob., recherchent surtout des arbustes dont les rameaux sont envahis par le sable : *Tamarix* sp. diverses, *Calligonum comosum* L'Her., *C. azel* Maire, *Ephedra alata alenda* Stapf., *Retama ractam* Webb., *Genista Saharæ* Coss. et Dur., alors que celles des autres faciès : *Eurycaulus reymondi* Esp., *Platynosum* nov. sp., les *Anemia*, sont surtout liées aux plantes basses retenant le sable.

Quant aux larves de Ténébrionides en général, les quelques observations que j'ai pu réunir indiquent qu'elles sont essentiellement phytophages.

2. Coléoptères Scarabéoides

La plupart des espèces passant la plus grande partie de leur vie dans la profondeur du sable, tant à l'état larvaire qu'à l'état adulte, les régimes alimentaires dans un cas comme dans l'autre, sont très difficiles à connaître. Il est probable que dans les grandes lignes, l'alimentation ne diffère guère de ce qui peut être noté pour les espèces de groupes analogues vivant dans d'autres régions.

Eubolbitus sicardi Reitt. appartient à un groupe dont la plupart des représentants sont mycophages.

Scarabæus sacer L. peut être vu roulant sa boulette — ici de crottin de chameau et le matin tôt — comme dans les régions plus septentrionales.

Les *Aphodius* sont tous coprophages. P. de PEYERIMHOFF (1938) a signalé *Aphodius palmetincola* Karsch. des *excreta* d'un Lépidoptère *Sphingidae* : *Celerio euphorbiæ* L.

Rutélides et Cétonides sont, à l'état larvaire, des saproxylophages. Chez quelques espèces, l'adulte est florivore (*Dicranoplia deserticola* Luc., *Tropinata bleusei* Bed., *Orythyrea subcalva* Muls.).

3. Autres Coléoptères

Les proies, exclusivement, constituent le régime alimentaire des *Histeridae*. L'abondance d'une espèce : *Saprinus syphax* Reitt., au

pied des Orobranches pourrait s'expliquer par la prolifération, sur la partie souterraine de la hampe, de la larve d'un petit Diptère saproxylophage indéterminé.

Les débris de matières animales mêlés au sable (poils, plumes, débris de téguments, etc...) peuvent entrer dans le régime alimentaire des larves d'Attagènes sabulicoles et probablement aussi dans celui de l'adulte qui, contrairement à la plupart des représentants du groupe, souvent floricoles, ne paraît guère quitter le sable.

Rappelons que, chez les Carabiques, *Anthia sexmaculata* F., *A. renator* L. et *Graphopterus serrator* Forsk. sont harpactophages tant à l'état larvaire qu'à l'état adulte¹. Les *Harpalidae* sont en général des cléthrophages.

L'extraordinaire Liodide *Chobcautiella deserticola*, Reitt., connu seulement par quelques exemplaires, a une biologie qui nous est totalement inconnue. On a supposé qu'en France certains représentants du groupe pourraient bien se développer sur des champignons hypogés. Or, au Sahara, il en existe, nous l'avons vu, plusieurs espèces.

Parmi les Anthicides, les *Mecynotarsus* paraissent s'alimenter sur la plante refuge, le plus souvent un *Tamarix* (sp. diverses), mais aussi *Ephedra alata* Dec.

Les Curculionides sont tous, bien entendu, phytophages. *Cleonus gigas* Mars. paraît lié à *Cornulaca monacantha* Del., *Eremiarhinus margarinetus* Fairm. à *Farsetia aegyptiaca* Turra; *Depresseremiarhinus elongatus* Desbr. et *Gronops jekeli* All. ne semblent pas inféodés à une espèce particulière.

4. Autres ordres

Les Dictyoptères *Corydiidae* observés semblent se nourrir des débris qui se forment dans le sable au pied de divers végétaux.

Le régime alimentaire du Termite *Psammotermes hybostoma* Desn. comprend des débris de plantes mourantes. Plusieurs espèces sont acceptées. Selon F. BERNARD (1948), au Fezzan, cet insecte s'attaquerait aux végétaux (*Calligonum*, *Traganum*, *Zygophyllum*, *Aristida*, etc...) mis à mal lors de pâturages intensifs.

La seule Fourmi qui nous intéresse, *Cataglyphis bombycina* Roger, est carnassière (F. BERNARD, 1948).

Quant au régime alimentaire des autres Hyménoptères, faute d'observations suffisantes, on ne peut guère que dire qu'il suit dans l'ensemble la tendance générale du groupe et que de nombreuses ressources sont possibles quelles que soient les exigences de ces Insectes (proies : Insectes ou Araignées; matières sucrées : fleurs, fruits).

On n'a pas non plus d'observations précises sur les régimes alimentaires des Planipennes Myrméléonides sahariens. J'ai montré quelles pouvaient être dans une famille voisine, les Nemoptérides, les

(1) En élevage, *A. sexmaculata* F. peut absorber une certaine quantité d'eau (R. JEANNEL, L. CHOPARD (comm. verb.) et observations personnelles).

proies des larves de la tribu des *Crocini* (*Pterocroce troglophilus* Pierre, *Berlandus saharae* Pierre et *Croce ougartae* Pierre) et, qu'en élevage, de petits Diptères constituaient pour ces Insectes une alimentation très suffisante (F. PIERRE, 1950).

En ce qui concerne les Mouches : *Musca augustifrons* Macq. et *M. vitripennis* Meig., présentes dans la plupart des ergs, nous avons vu (Part. II, chap. I) ce que nous devons retenir à propos des substances entrant dans leur alimentation. Il y a encore lieu de noter qu'en régions ultra-arides elles paraissent manquer loin des pistes fréquentées. En avril 1951, lors de notre voyage dans le Chech, celles qui accompagnaient la caravane au départ des oasis du Touat disparurent dès les premières étapes.

Les proies des Diptères prédateurs sont totalement inconnues.

Les Hétéroptères *Cydnydae* se rencontrent au pied de la plupart des espèces végétales présentes dans les sables. La Cochenille Margarodide *Margarodes buxtoni* Newt. a été observée sur *Euphorbia guyoniana* Boiss. et Reut. Une autre espèce, *M. erythrocephala* Green, a été capturée au pied de *Calligonum* sp.

Je ne possède pas d'observations précises sur le régime alimentaire des Lépismes. Mais si l'on en juge par le fait que les sables les plus arides sont conquis par certaines espèces, il faut bien admettre que seuls des débris secs de matière vivante peuvent intervenir (débris végétaux et probablement même animaux).

Quant aux chenilles, celle du Tinéide se développe habituellement sur *Molkti callosa* Vahl. et celle du Noctuide se laissant recouvrir par le sable, sur *Calligonum* sp.

Plusieurs Graminées (*Aristida pungens* Desf., *Danthonia fors-kahlei* Vahl., notamment) sont acceptées par l'Acridien *Hyalorrhapis calcarata* Vos.

5. REMARQUES CONCERNANT LA TENEUR EN EAU DES ALIMENTS

1. Pouvoir hygroscopique des débris végétaux secs

P. A. BUXTON (1924) et in M. HACHISUKA (1932), suppose que les débris végétaux secs qui s'accumulent par endroits dans les déserts de Palestine sont doués d'un réel pouvoir hygroscopique et qu'une certaine quantité d'eau peut ainsi être recueillie, surtout pendant la nuit; cette eau pourrait contribuer à l'hydratation des Insectes qui absorbent ces débris, des Acridiens et des Ténébrionides notamment.

Si, pour les Ténébrionides, cette supposition ne se vérifie pas, leur régime alimentaire ne comprenant pas de débris végétaux secs, pour d'autres Insectes, par contre, elle peut être parfaitement admise. En effet, ces débris paraissent entrer dans l'alimentation, nous venon de le voir, de certains sabulicoles tels que des Lépismes.

Les résultats des mesures que nous rapportons maintenant, mesures effectuées sur un rameau sec de Graminée (*Aristida pungens* Desf.) exposé à l'air pendant la nuit, indiquent qu'effectivement une petite quantité d'eau atmosphérique peut, par imprégnation, humidifier ainsi temporairement des fragments végétaux secs, même pendant l'été :

Dates	Au sol	A 30 cm au-dessus du sol
24-25 août 1949	0,80	0,80
26-27 août 1949	1,85	1,81
27-28 août 1949	2,06	2,29
% par rapport au poids sec.		

2. Teneur en eau de quelques végétaux frais

Nous noterons la teneur en eau de quelques plantes entrant dans l'alimentation de nos insectes :

<i>Aristida pungens</i> Desf. (11-4-1950)	Feuille = 55,5 % Epis = 59,8 %
<i>Tamarix aphylla</i> L. (24-2-1950)	Feuille = 45,8 % Tige = 38,4 %
<i>Cornulaca monacantha</i> Del. (24-2-1950)	Feuille = 82,2 % Tige = 40,8 %

6. LES PROIES DES EREMAPHILA

On a longtemps cherché à savoir quelles pouvaient être les proies d'un insecte dont le biotope est un des plus sévères du désert. Retenons déjà que toute proie à tégument peu sclérifié, dès que sa taille ne dépasse pas trop celle du prédateur, peut être attaquée. Les Fourmis, partout présentes, sont, en élevage, toujours acceptées (observations personnelles et K. INNÉS BEY, 1912). L. CHOPARD (1950) rapporte que ces Mantres peuvent également se nourrir d'Aceridiens. Tout récemment, ce même auteur (1955) a donné une analyse du contenu du tube digestif d'*Hcteronutarsus areniragus* Chop., du même groupe. L'étude en a révélé que des Hyménoptères, des Thysanoptères et de jeunes larves d'*Hcteronutarsus* pouvaient être capturés. Ce dernier point se trouve confirmé par le fait que chez *Eremiphila monodi* Chop., en élevage, l'adulte s'attaque volontiers aux jeunes larves, ainsi que j'ai souvent pu l'observer à Béni Abbès, détail qui, finalement, entre aussi en ligne de compte. On peut encore suggérer que les Tryps qui constituent de bien petites proies pour un prédateur de cette taille, ainsi que le fait remarquer L. CHOPARD, sont recherchés surtout par les jeunes larves, lesquelles sont à leur tour capturées par des individus plus âgés.

Nous avons vu (Part. I, ch. VI) comment ces proies pouvaient

parvenir jusqu'au biotope de l'Insecte. Nous ajouterons que les possibilités de déplacement des *Eremiaphila* sont grandes, ce qui, en outre, ne peut manquer d'intervenir.

**

Les quelques particularités physiologiques qui viennent d'être succinctement examinées, toutes assez étroitement liées, posent un problème fort complexe dont nous n'avons pu que montrer les grandes lignes.

Bien que les faits rapportés n'autorisent guère la conclusion, nous pouvons cependant retenir que l'élément xérophile, souvent prépondérant dans la faune entomologique sabulicole, est essentiellement constitué de formes qui, tant à l'état larvaire qu'à l'état adulte, montrent :

- 1° Une grande aptitude au jeûne.
- 2° Une forte résistance à la dessiccation.
- 3° Une non tolérance des températures élevées,

98 % de ces formes demeurant ou se réfugiant dans la profondeur du sable.

Quelques éléments supportent cependant ces températures parfaitement léthales pour les autres représentants de la faune. Mais si parmi les Coléoptères Ténébrionides, certains *Zophosis* (*Z. plana beraudi* Peyer., *Z. p. arenarum* Peyer.) ne peuvent tolérer que pendant un bref instant de telles températures, celles-ci paraissent recherchées en tant qu'optimum par une Fourmi : *Cataglyphis bombycina* Roger, de même que par les petites Mantes rupicoles, les *Eremiaphila*, indirectement en cause dans notre travail.

Il paraît difficile de ne pas admettre qu'intervienne alors une « pseudorégulation » de la température interne du corps de l'Insecte, ainsi que semble l'indiquer une perte de poids d'autant plus importante que la température ambiante est plus élevée (*Eremiaphila* sp.).

À cette « pseudorégulation » semblent s'ajouter divers artifices dont les plus importants sont une orientation par rapport au soleil et des déplacements fréquents et rapides. Une certaine inertie sensorielle du tégument au niveau des tarses pourrait être aussi retenue.

Quant aux régimes alimentaires, ils sont pour la plupart à base de débris végétaux frais à teneur en eau souvent importante. Quelques espèces recherchent des proies. D'autres acceptent des débris organiques secs mêlés au sable et ayant un certain pouvoir hygroscopique, duquel peut résulter un très léger apport en eau. Mais, dans ce dernier cas, l'eau de constitution de ces matières organiques intervient probablement davantage.

Là encore, nous avons vu que des particularités moins accentuées mais très analogues peuvent se retrouver à une échelle moindre chez des Insectes autres que ceux du désert. Elles sont donc avant tout propres à des groupes déterminés auxquels phylogéniquement les espèces étudiées se rattachent.

PARTICULARITÉS ÉTHOLOGIQUES DES SABULICOLES

Le comportement des sabulicoles est toujours très profondément marqué par une particularité éthologique qui prend ici une importance capitale : le fouisement. La marche, le vol, le réchauffement au sol, offrent aussi souvent quelques particularités. Enfin, l'accouplement et la ponte — points sur lesquels je n'ai guère pu rassembler d'observations bien précises — posent là un problème, ainsi que les rythmes d'apparition et l'absence à peu près totale de mimétisme.

Nous avons vu que parmi les réactions de la faune aux conditions climatiques excessives, celle que constitue le fouisement était prépondérante et que dans quelques cas le vol et la marche avaient également un rôle.

L'attention a encore été attirée sur le fait que telle ou telle particularité morphologique coïncidait toujours avec tel ou tel aspect de cette éthologie.

Une brève revue de ces particularités sous l'angle général ainsi que quelques remarques quant à leur aspect dans les principaux groupes étaient donc nécessaires.

1. FOUISSEMENT

Les mécanismes mêmes du fouisement, excessivement complexes, sont encore très mal connus¹. Quelques publications (J. COMIGNAN, 1928; R. CHAUVIN, 1941; R. PAULIAN, 1942), font apparaître qu'une forme particulière de *thigmotactisme* semble être à la base de ce comportement.

1. Causes

Les causes qui déclenchent le fouisement ne sont également que soupçonnées. Elles pourraient être, suivant les groupes et suivant les circonstances :

(1) Bien que l'attention ait été attirée sur le fait dès 1834, d'une manière très imagée, par l'Entomologiste L. DUFOUR : « ... circulent dans les entrailles de la terre à la faveur de labyrinthes qu'ils creusent avec des pattes à ra-teaux ».

1. L'abaissement ou l'élévation de la température ambiante (J. COMIGNAN, 1926, 1927, recherches de portée générale; L. CHOPARD, 1938).

2. L'abaissement ou l'élévation de la teneur en eau ou du degré hygrométrique du milieu (L. CHOPARD, 1938; R. PAULIAN, 1943).

3. Le besoin d'aliments (R. PAULIAN, 1943).

4. Le géotropisme (R. CHAUVIN, 1941).

A celles-ci peuvent s'ajouter :

1. L'intensité lumineuse.

2. La maturité sexuelle et la ponte.

3. La nécessité de contacts étroits avec des particules solides.

En fait, on se rendra compte, d'après les quelques observations isolées qui seront rapportées dans les pages qui suivent, que tous ces facteurs paraissent bien intervenir; mais il paraît difficile de déterminer la part exacte qui revient à chacun d'eux.

Actuellement, la complexité du problème étant telle, on ne peut guère que tenter de définir les différents types fouisseurs en fonction des techniques employées et de l'architecture de l'abri qui en découle.

2. Types de fouisseurs

1. **Fouisseurs vrais.** — Le fouissement est la conséquence d'une série de mouvements *continus* et *synchrones* des pattes et du corps, aboutissant à une progression régulière dans un matériau peu rigide (au sens de la définition de la rigidité, Part. I, ch. V) reprenant sa place après le passage du fouisseur, donc sans rejet des déblais et sans architecture durable.

2. **Mineurs.** — Le fouissement se traduit par une série de mouvement *discontinus* et *asynchrones* des pattes et du corps dans un matériau d'une certaine cohésion (voir également Part. I, ch. V) donnant lieu à la construction d'un terrier à architecture stable, plus ou moins complexe, avec rejet des déblais vers l'extérieur.

3. **Excavateurs.** — Du fouissement, très limité, résulte par des techniques variées et généralement complexes malgré une apparente simplicité, une excavation peu profonde et largement ouverte vers le haut, creusée dans un matériau de cohésion nulle.

2. MARCHÉ

Si chez certains sabulicoles les déplacements ne peuvent s'effectuer que concurremment au fouissement, la marche, associée ou non au vol, intervient en outre de manière très efficace dans plusieurs groupes.

En plus du rôle de la vivacité des mouvements signalé chez quelques espèces à propos des moyens de lutte contre les températures élevées, ainsi que du rôle de la longueur des pattes¹ également souligné à cette occasion, le point sur lequel nous nous devons d'attirer l'attention est la part prise par la ciliation tarsale pendant la marche. Nous avons vu en effet à propos des particularités morphologiques que cette ciliation, « sand-shoes » de C. Koch (1955, 1955 a) apparaissait chez de nombreux marcheurs du sable.

P. A. Buxton (1932) admet que chez *Pimelia angulata* F., des dunes littorales palestiniennes, cette ciliation peut intervenir efficacement pendant les déplacements à la surface du sable : « augmentant ainsi la surface de sustentation ».

Cette particularité intervient-elle vraiment pendant la marche ? On ne saurait être affirmatif; d'autant plus que plusieurs formes appartenant à des groupes voisins (*Platyopini*, *Euthriptera* et *Pimelia* même, parfois) qui en sont munies sont par ailleurs d'habiles grimpeurs pouvant s'élever jusqu'à plus d'un mètre du sol sur la plante nourricière et que là, le rôle de cette ciliation ne serait guère explicable.

Chez les *Leptonychus*, nous avons vu (Part. II, ch. II) que les sensilles plantaires étaient beaucoup plus longues et plus denses chez les espèces des grands ergs dont le sable est relativement grossier, alors que chez les espèces des ensablements légers ou des bordures d'erg où le sable est considérablement plus fin, donc moins rigide, celles-ci étaient très courtes et plus éparses. Soulignons encore que ces sensilles forment un revêtement plantaire et non une ciliation bilatérale.

Chez plusieurs *Erodius* éminemment sabulicoles (*E. dentifer* Peyer., *E. graniventris* Peyer., etc...) cette ciliation est pratiquement nulle.

Nous verrons à la fin de ce chapitre ce qu'en définitive nous pouvons retenir de tout ceci.

Notons enfin, en ce qui concerne les grimpeurs, que ce dernier trait du comportement paraît assez insolite chez des aptères où les aptitudes à la vie sabulicole sont dominantes.

3. VOL

De nombreux sabulicoles sont ailés et leur vol est souvent puissant.

La régression de l'aile n'est pas comme chez certains Insectes en

(1) Sans que, chez les formes étudiées, ce caractère aboutisse aux hyperthélies qui s'observent dans certains groupes tels que, chez les Ténébrionides, les *Adesmia*, non en cause ici. Remarquons cependant que les *Adesmia*, où cette hyperthélie est fréquente, ont un biotope dont les températures n'atteignent jamais des valeurs aussi importantes que celles qui s'observent à la surface de la dune et que, de plus, le rythme quotidien de ces Insectes, d'après ce que j'ai pu voir dans le Sud-Marocain, s'ajuste suivant l'optimum écoclimatique que caractérisent entre autre des températures vraiment peu élevées.

rapport avec le degré d'aptitude à la vie souterraine. Les *Anemia*, chez les Ténébrionides, dont la structure des pattes indique une grande spécialisation, ainsi d'ailleurs que l'allure générale du corps, sont remarquablement aptes au vol. Il en est de même de la plupart des Coléoptères Scarabéides.

Enfin, chez quelques sabulicoles qui peuvent être vus perchés au sommet des végétaux sans que la recherche de la nourriture soit en cause, chez les petites Cétaines psammobies *Enoplotarsus deserticola* Luc. et *Thyreogonia costata* Luc. par exemple, le vol intervient dans cette forme particulière de géotropisme (cf. Part. II, ch. I).

4. RÉCHAUFFEMENT AU SOL

Ce comportement, classique chez de nombreux Hyménoptères fouisseurs, s'observe en outre très régulièrement chez le Diptère *Bombyliidae* : *Exoprosopa grandis* Wied. qui se pose au printemps sur la surface du sable le matin vers 9-10 heures pendant quelques minutes.

5. ACCOUPLEMENT ET PONTE

Certains sabulicoles, les plus spécialisés, ne semblent jamais quitter la profondeur du sable. On ne peut cependant pas affirmer que l'accouplement a lieu à ce niveau car, très exceptionnellement, certains se rencontrent le matin au lever du jour à la surface de la dune, les Ténébrionides surtout (*Perithrix granidorsis* Fairm., *Amphithrix peyerimhoffi* Esp.).

La ponte des psammobies, sur laquelle on ne possède aucune donnée, n'a malheureusement pu être observée.

6. PHASES SAISONNIÈRES ET RYTHMES QUOTIDIENS

Le critère le plus formel pour séparer sur le plan écologique le rythme « tempéré chaud » de la faune entomologique nord-saharienne du rythme « tropical » de la faune entomologique sud-saharienne, réside dans les périodes d'apparition et de latence.

D'une façon générale on peut admettre pour la majorité des espèces :

1. Qu'au Nord, en zone tempérée chaude, la *période d'apparition* se situe en saison chaude et la *période de latence* en saison froide.

2. Qu'au Sud, en zone tropicale, la *période d'apparition* se situe en « petite saison chaude » et en saison froide, la *période de latence* coïncidant avec la saison chaude (grande saison chaude).

Cette opposition est donc essentiellement basée en fonction de la répartition annuelle de la température (fig. 122).

On a quelquefois tenté de s'appuyer sur la distribution annuelle des précipitations. Au désert, ainsi que nous l'avons déjà soutenu au cours de ce texte, celles-ci sont bien trop minimes et par trop irrégulières pour que leur rôle soit franchement déterminant, si ce

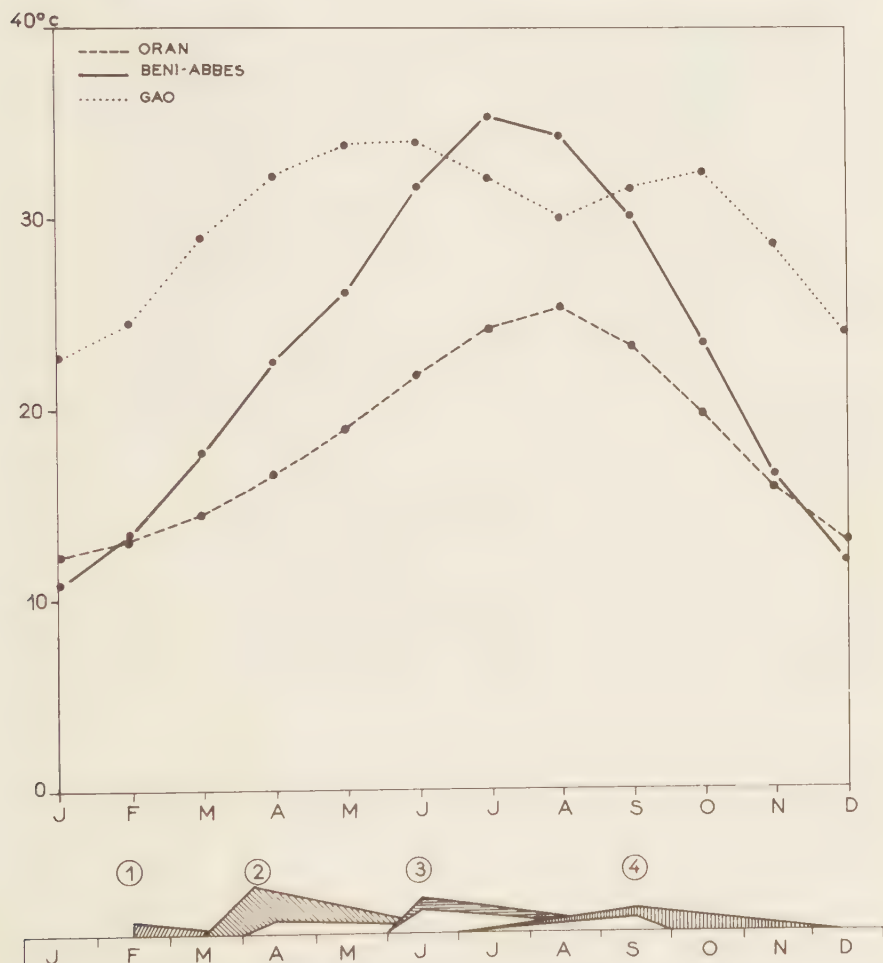


FIG. 122. — Phases saisonnières et rythme nyctéméral au Sahara Nord-Occidental (très schématique).
En blanc : importance de l'activité des semi-diurnes et nocturnes.
Au-dessus, courbe annuelle de température (moyenne mensuelle) à Béni Abbès et, aux fins de comparaison, à Oran et Gao.

n'est dans le déclenchement des essaimages de Termites ou de Four mis, groupes que l'on sait très sensibles aux brusques élévations de l'humidité atmosphérique.

1. Phases saisonnières

Au Sahara Nord-Occidental la période d'apparition de la faune entomologique dans son ensemble s'étend généralement de *mi-février* à *fin-novembre*.

La première constatation qui s'impose à ce sujet est que si quelques espèces se manifestent à peu près tout le long de l'année, c'est le cas notamment de sabulicoles très spécialisés, pour d'autres, les dates d'apparition tendent à se grouper à une époque bien déterminée (§ 8). La période d'apparition comprend quatre phases, valables pour l'ensemble de la faune entomologique :

1. Phase prévernale. — Courte, débutant mi-février, elle ne se prolonge guère au-delà de mars. Elle est surtout caractérisée par l'apparition subite en surface de plusieurs sabulicoles diurnes ou matinaux. Les nocturnes en sont par contre à peu près totalement absents.

J'inclinerai à voir pour ma part dans cette phase prévernale, l'homologue de la phase hiemale qu'A. REYMOND soupçonne d'exister dans cette région (L. KOCHER et A. REYMOND, *in* F. JOLY et *a.*, 1954, notamment). Cet auteur s'appuie sur le fait que certains Coléoptères *Platyopini* apparaissent dans les déserts d'Asie Centrale dès la fin de l'hiver. Or, il se trouve qu'au Sahara du Nord-Ouest ce groupe soit l'indicateur essentiel de notre phase prévernale.

2. Phase vernale. — Cette phase s'étend de fin-mars à fin-mai ; elle coïncide avec l'épanouissement de la végétation et rassemble de ce fait la faune incontestablement la plus riche et la plus dense de l'année. Il va de soi que l'apparition des phytobies, des floricoles en particulier, en forme le principal caractère. Le début de l'activité des nocturnes est également à noter.

3. Phase estivale. — De fin-mai à fin-juin le nombre et la densité des nocturnes augmentent considérablement, tandis que l'activité des diurnes, peu nombreux, cesse au milieu du jour. La période d'activité des matinaux et des vespéraux est écourtée et se situe plus près de la nuit.

4. Phase postestivale. — Elle est surtout caractérisée par l'apparition d'une faune d'affinités tropicales¹ comprenant à la fois des espèces nettement diurnes (Coléoptères Buprestides, Hyménoptères) et des espèces franchement nocturnes (Coléoptères Bostrychides (J.-M. VRYDAGH, 1953), Cérambycides : *Prionus* (*Polyarthron*) *pecticornis* F. L'apparition inattendue en septembre de ce dernier est particulièrement riche d'enseignement (fig. 123-124 et 125). Cette phase, dont le début peut être situé en juillet, s'étire jusque vers le 15 décembre, date d'apparition des premiers *Steraspis speciosa* Klug Buprestide inféodé à *Acacia Raddiana* Savi.

(1) Au moins pour les Coléoptères.

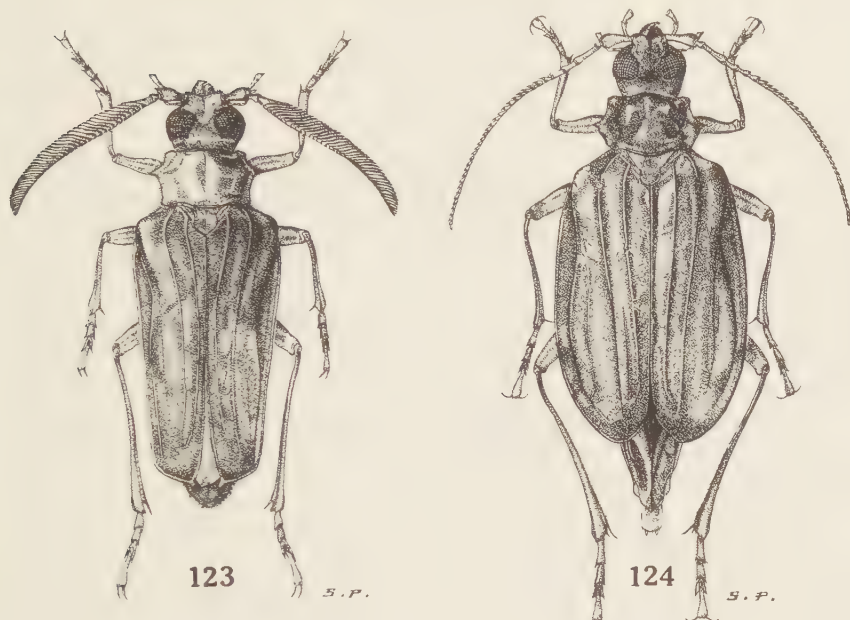


FIG. 123-124. — *Prionus (Polyarthron) pectinicornis* F.
(♂ et ♀).

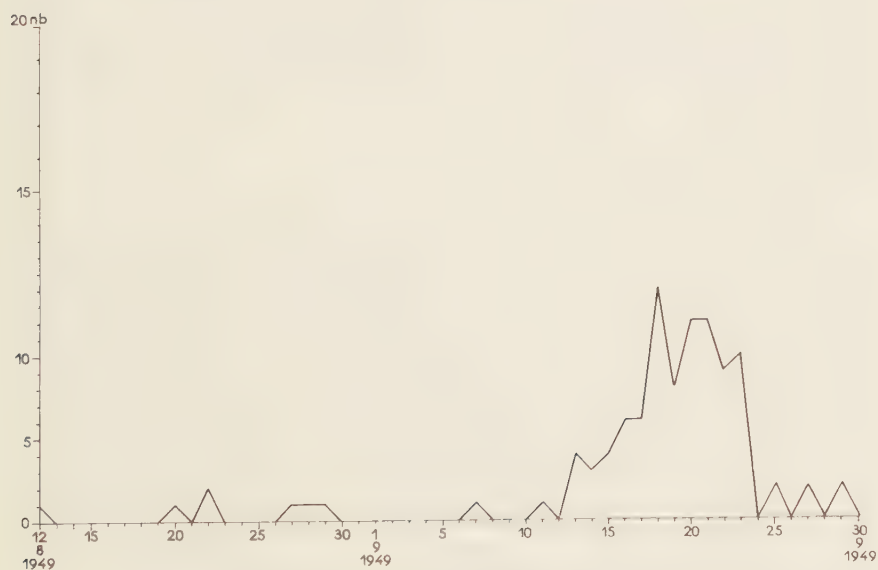


FIG. 125. — Période d'apparition de *Prionus (Polyarthron) pectinicornis* F.
à Béni Abbès, en 1949.

2. Rythme quotidien

Au rythme saisonnier se superpose un rythme quotidien variable suivant les groupes et les saisons (§ 8) :

1. **Rythme diurne.** — Ce rythme s'observe en faite toute l'année, même pendant la phase estivale, bien que là, les espèces diurnes soient considérablement moins nombreuses et que pendant l'heure chaude, au milieu du jour, une interruption momentanée de l'activité soit la règle.

2. **Rythme nocturne.** — L'activité des nocturnes débute avec la phase vernale. Elle est maximum de la phase estivale au point culminant de la phase postestivale (septembre à Béni Abbès).

3. **Rythme matinal et rythme vespéral.** — L'un et l'autre s'observent, souvent bien séparés, du début de la phase prévernale au maximum postestival.

Tous ces rythmes, qu'ils soient saisonniers ou quotidiens, sont assez mobiles et s'ajustent, dans une certaine mesure, pour beaucoup d'espèces en fonction de la valeur dans un temps donné de certains facteurs climatiques (température, luminosité, hygrométrie ...).

Suivant les espèces, non seulement pour le rythme saisonnier où le décalage est très sensible, mais encore dans le rythme quotidien, tel ou tel facteur paraît avoir une part prépondérante mais non exclusive; mais ces facteurs sont indéterminables actuellement. Et là, il ne fait pas de doute que des facteurs internes (maturité, besoin d'aliments associés à des facteurs externes, mécanisme encore ignoré, interviennent ¹.

3. Variations périodiques

Elles sont en relation avec les variations pluviométriques et n'atteignent que la faune tributaire directement ou indirectement de la végétation annuelle. Nous avons vu que beaucoup d'espèces parmi nos sabulicoles étaient inféodées à des arbustes qui tirent leur eau ailleurs que dans les précipitations et ne se trouvent de ce fait que bien peu touchés par l'absence temporaire de celles-ci.

On saisira d'emblée le rôle d'oasis que joue pour les sabulicoles cette végétation dont le développement et le maintien est indépendant, dans une certaine mesure, de la pluviométrie locale.

L. KOCHER et A. REYMOND *in* JOLY et *a.* (1954) ont brossé un tableau très satisfaisant des paysages nord-sahariens après la pluie. On peut ajouter que, dans l'immédiat, celle-ci ne modifie guère la physionomie de la faune. Ce n'est que longtemps après, dans le cadre

(1) Voir en outre les récentes observations de J.L. CLOUDSLEY THOMPSON, 1956, de G. FIORI et de E. MELLINI.

de l'accroissement général du peuplement, que son action se fait sentir. La faune est alors, pour un temps, beaucoup plus dense et plus riche.

7. MIMÉTISME

Aucune manifestation bien appréciable de mimétisme, que ce soit par homochromie ou par homotypie, ne peut être réellement notée dans la faune entomologique des sables sahariens. On est en droit d'être surpris, car sur les autres faciès du désert ces phénomènes sont fréquents et certains côtés en sont maintenant classiques (L. CHOPARD, 1949; J. OMER-COOPER, 1947-1948; P. A. BUXTON, in M. HACHISUKA, 1932 ...).

En effet, parmi les quelque deux cents espèces étudiées nous ne comptons guère qu'un Orthoptère *Acrididae* chez qui la notion d'homochromie peut être retenue : *Hyalorrhapis calcarata* Vos.

On a quelques fois mentionné la pruiniosité claire des Coléoptères Ténébrionides des genres *Erodium* et *Zophosis* en tant que facteurs d'homochromie. Mais celle-ci est bien trop éphémère pour que mention en soit faite.

Chez les larves de Planipennes *Nemopteridae*, la couleur du tégument (*Pterocroce troglophilus* Pierre, *Berlandus saharac* Pierre) est extrêmement voisine de celle du sable des grottes qui leur donnent asile et sur lequel elles vivent. Il est bien évident qu'ici, en milieu obscur, cette « homochromie » ne peut être retenue. Néanmoins, à ce sujet, un point mérite d'être souligné. Chez les *Eremiaphila* (Dict. *Eremiaphilidae*) dont la teinte est souvent très voisine de celle du substrat : regs ou hamadas où s'établit leur domaine et où le mimétisme est évident, le tégument paraît être assez analogue par son aspect et par sa couleur à celui des Némoptérides qui viennent d'être mentionnés.

De plus, signalons que les teintes claires, dont il est souvent fait état à propos du mimétisme dans les sables des déserts, aboutissent toujours soit à des tons beaucoup plus pâles ou beaucoup plus vifs, soit à des tons nettement plus foncés (Hyménoptères *Pompilidae* : *Pompilus niveus* Sand., *Gonoporus gracilis* Klug; Diptère *Bombyliidae* : *Exoprosopa grandis* Wied., etc...) que ceux du milieu environnant. De même, la dépigmentation du tégument, d'où résultent des teintes mimétiques, également souvent en cause, ne se rencontre que chez des espèces dont l'activité est essentiellement nocturne (Coléoptères *Tenebrionidae* du genre *Ammogiton*; Hyménoptères *Mutillidae* du genre *Apterogina*, par exemple) ¹.

(1) L. BERLAND (1950) a néanmoins noté une nette prédominance de formes claires chez les Hyménoptères de Mauritanie.

A. GIORDANI SOIKA (1954) pense aussi à propos d'une étude sur les Vespides du Hoggar, que la coloration est en rapport avec la distribution des espèces : « Colorazione geographica » ou « colorazione ecologica ».

Un cas de « camouflage » au sens de L. CHOPARD (1949) peut être signalé. Un Héétéroptère *Reduviidae* : *Holotrichus* sp., observé dans les sables du Djebel bet Tadjine, se recouvre de grains de sable que retiennent des sécrétions. Mais là encore, il s'agit d'une forme qui n'est active que la nuit et qui le jour se réfugie au collet des végétaux. Mais il s'agit là d'un cas qui n'est pas strictement saharien puisque le genre compte aussi des représentants dans les sables littoraux, dans ceux de l'Oranie notamment, où ces faits peuvent être facilement vérifiés. Des mœurs analogues sont d'ailleurs fréquentes dans le groupe (L. CHOPARD, *loc. cit.*).

Enfin, nous pouvons encore à ce propos attirer l'attention sur le fait que chez les Coléoptères Ténébrionides, qui occupent dans la faune du sable la place que l'on sait, tous, ou presque (89 % des formes actives en surface), qu'ils soient diurnes, semi-diurnes ou nocturnes, accusent un mélanisme généralement très accentué. Parfois, pourtant, ce contraste peut être en partie atténué par un revêtement sensillaire clair (*Leucolaeophus*, *Euthryptera*, *Pimelia*, etc...).

8. OBSERVATIONS RELATIVES AUX PARTICULARITÉS ÉTHOLOGIQUES DANS LES DIFFÉRENTS GROUPES

1. Coléoptères Ténébrionides

A. LARVE

Les larves observées (*Erodiini*, *Tentyriini*, *Pimeliini*, *Opatrini*, cf. Part. II, ch. II) sont du type fouisseur. Elles se rencontrent à des profondeurs variables suivant la saison, mais jamais en surface.

B. ADULTE

1. *Erodiini*. — Tous les *Erodiini* sont du type fouisseur. Mais le fouissement n'intervient que lorsque l'insecte est conduit au moment du repos à rechercher un refuge. Chez certaines espèces, le fouissement ne se manifeste qu'à peine. C'est le cas de quelques *Erodius* : *E. zophosoides* All., *E. singularis* Peyer. *in litt.*, *E. nov. sp.* qui se dissimulent tout au plus au collet des végétaux, bien que les tibias antérieurs soient très spécialisés; alors que d'autres, *E. dentifer* Peyer., *E. graniventris*, *E. opaciventris* Peyer., à tibias antérieurs d'un type analogue au précédent, s'enterrent assez profondément.

Chez toutes ces espèces, les soies plantaires des tarses postérieurs sont courtes et peu denses. Toutes cependant sont actives à la surface

du sable, au même titre qu'*E. exilipes*, *E. exilipes* ssp. n. et tous les *Leptonychus*, dont les tibias antérieurs sont aussi très spécialisés mais dont les tarses sont munis de très longues soies plantaires.

Foleya brevicornis Peyer., morphologiquement très voisin des dernières espèces, ne se déplace que peu à la surface du sable, mais grimpe très régulièrement sur *Aristida pungens* Desf. pour s'alimenter (pl. XII, phot. 1).

Au Sahara Nord-Occidental, la période d'activité des *Erodiini* commence avec le début de la phase vernale et se prolonge, d'une façon générale, jusqu'à la fin de cette phase.

Certains érodiens sont matinaux : *Foleya brevicornis* Peyer. apparaît sur *Aristida pungens* Desf. vers 7-8 h. D'autres un peu plus tard : *Erodius graniventris* Peyer., *E. opaciventris* Peyer., *E. zophosoides* All., *E. singularis* Peyer. in litt., *E. n. sp.*

Erodius bicostatus ssp. n., *E. exilipes* Luc. et *E. exilipes* ssp. n. sont surtout vespéraux.

Tous les *Leptonychus* sont nocturnes et sont excessivement sensibles à la lumière : ils s'enterrent dès le lever du soleil. *Erodius dentifer* Peyer. est également dans ce cas.

Certaines formes, telles que *Leptonychus curvicornis* Peyer., *E. dentifer* Peyer., éclosent dès le 15 janvier mais ne sont actives en surface que beaucoup plus tard.

Tous les *Erodiini* sont aptères.

Chez tous l'accouplement a lieu en surface.

2. *Zophosini*. — Fouisseurs médiocres, mais excellents marcheurs et d'une vivacité remarquable; ils se réfugient toujours au collet des végétaux. Essentiellement diurnes. Surtout fréquents au printemps.

Aptères.

Accouplements en surface.

3. *Epitragini*. — Fouissement très limité sauf semble-t-il chez *Sphcnaria pierreii* Peyer. que l'on trouve souvent dans le sable. Aucun ne se déplace à la surface du sable, mais chez tous, par contre, le vol constitue un moyen de déplacement efficace. *Sphcnaria pierreii* Peyer. paraît obéir à un rythme printanier. L'apparition des autres représentants de la tribu couvre à peu près toute la saison, cette apparition débutant avec la phase vernale et cessant au milieu de la phase post-estivale.

4. *Tentyriini*. — *Ammogiton peltieri* Peyer., *A. jolyi* Esp., *Scelosodis laticollis* Chat., *S. alluandi* Peyer. sont bons fouisseurs, alors que *Tentyria senegalensis* Sol. et *Oterophlocus scuticollis* Fairm. ne pénètrent guère profondément dans le sable.

Selon P. de PEYERIMHOFF (1938), *Ammogiton peltieri* Peyer. se creuserait dans le sable un court terrier. Je n'ai pu vérifier ce fait.

De mœurs exclusivement nocturnes, il erre à la surface de la dune et s'enterre sans rechercher la proximité des végétaux.

Tous ces insectes sont de bons marcheurs sauf les *Scelosodis* qui ne paraissent pas quitter la profondeur du sable aux pieds des végétaux.

Si chez les *Ammogiton*, une légère hypertrophie sensillaire se remarque, chez les autres tentyriens elle est très peu accusée. L'élargissement apical des tibias antérieurs n'est sensible que chez les *Scelosodis*.

Aptères.

Accouplement en surface. Chez les *Scelosodis* celui-ci n'a pu être observé.

Oterophlocus scuticollis Fairm. et *Tentyria senegalensis* Sol. obéissent à un rythme vernal. Le premier est franchement nocturne; le second est surtout vespéral.

Les formes les plus spécialisées : *Scelosodis laticollis* Chat., *Ammogiton peltieri* Peyer., ne paraissent pas avoir de rythme saisonnier bien déterminé. L'éclosion semble se produire à plusieurs moments de l'année.

5. *Platyopini*. — Les *Platyopini* qui constituent l'élément principal de la phase pré-vernale sont tous à la fois mineurs, marcheurs et grimpeurs. Les *Storthocnemis* et les *Pseudostorthocnemis* ne fréquentent que les plantes basses, alors que *Leucolacphus liliputanus* Luc. s'alimente généralement sur des arbustes jusqu'à plus d'un mètre du sol. Tous sont très matinaux, leur temps d'activité se situant généralement vers 7-8 heures.

J'ai souvent été témoin du comportement si particulier de *Leucolacphus liliputanus* Luc., espèce fréquente au Sahara Nord-Occidental.

Au début du jour, l'insecte apparaît par « grappes » sur *Retama ractam* Webb., essence qu'il affectionne plus particulièrement. Il y demeure suivant la saison jusque vers 8 heures, puis abandonne la plante pour chercher asile dans le sable. Il ne s'installe jamais au pied même de la plante mais à quelques mètres de là. Puis, par des trépidations et des tentatives de fouissement à l'aide des pattes antérieures, l'extrémité des antennes étant orientée vers le sol, le sable est « sondé ». Après quelques tentatives infructueuses, le fouissement commence. Les pattes antérieures attaquent d'abord le sable et le repoussent vers l'arrière, puis les pattes intermédiaires et postérieures interviennent ensuite pour rejeter suivant un rythme assez rapide les déblais vers l'extérieur. Il en résulte une galerie progressivement comblée au fur et à mesure de la progression. Le vent nivelle ensuite la surface du sable et aucune trace du passage de l'insecte ne demeure¹ (fig. 126; pl. XII, photo 2).

(1) R. JEANNEL (1942) rapporte que par vent fort le sable peut être érodé jusqu'au niveau du refuge de l'insecte qui, dérangé, erre alors en tous sens à la surface de la dune.

Chez tous les *Platyopini* les tibias antérieurs sont élargis et dentés et les tarses intermédiaires aplatis et ciliés. Ils peuvent être rencontrés, très accidentellement, sous les pierres.

Aptères.

Accouplement en surface.

6. *Pimeliini*. — Tous les *Pimeliini* sont mineurs et marcheurs et, par exception grimpeurs.

Les meilleurs marcheurs s'observent chez les Piméliens. *Prionotheca coronata* Ol. en est l'exemple type (fig. 121). Ce trait éthologique n'est certainement pas chez ce dernier sans rapport avec l'étendue de son aire de dispersion. Extraordinairement vaste, cette aire s'étend, d'Est en Ouest, de l'Arabie à la bordure atlantique du Sahara et, du Nord au Sud, du 16° au 35° parallèle.

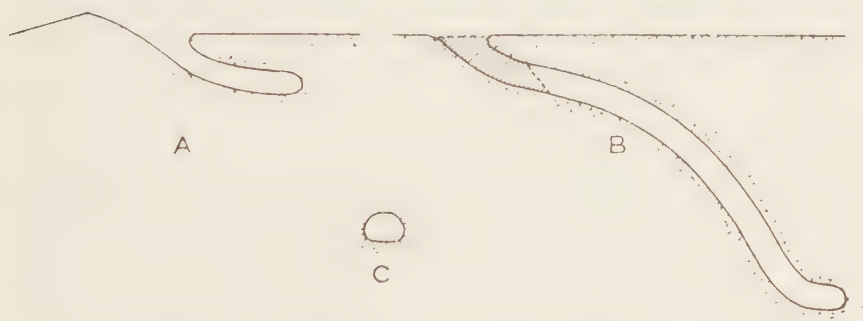


FIG. 126. -- Terrier de *Leucolaeophus liliputanus* Luc.
A. amorce; B. terrier; C. section.

Tous les Piméliens ont les tibias antérieurs légèrement élargis ; les tarses des pattes intermédiaires et postérieures sont plus ou moins comprimés et munis de pinceaux de longues soies.

Le mode de fouissement est assez analogue à celui qui a été décrit plus haut pour *Leucolaeophus liliputanus* Luc.

Ces insectes se réfugient occasionnellement sous des pierres, sous des troncs de Palmier entreposés, etc...

Aptères.

Accouplement en surface.

Enfin, rappelons qu'*Euthripta griseus* Fairm. et *Pimelia angulata lesnei* Peyer. ont été observés grimper sur un arbuste. Chez cette dernière espèce, ce comportement est toutefois exceptionnel.

L'activité des Piméliens commence avec la phase vernale et c'est généralement à ce moment que l'on observe dans le groupe la plus grande densité de faune ; mais cette activité se poursuit, moins intense, pendant toute la saison. *Pimelia a. lesnei* Peyer., *P. a. erpiata* Peyer. et *P. a. antiacgypta* Koch sont, au début du printemps, franchement

diurnes. Progressivement, au fur et à mesure que la saison s'avance, ce rythme tend à s'inverser. Au cœur de l'été, l'insecte ne se rencontre plus guère la nuit. *Pimelia s. valdani* Guér. également printanière paraît par contre franchement nocturne.

Prionothecca coronata Ol., qui peut également se rencontrer à la fin du printemps, est surtout abondante à la fin de l'été. Espèce exclusivement nocturne.

7. *Opatrini*. — Fouisseurs vrais, aptères, très spécialisés morphologiquement, les *Opatrini* ne quittent habituellement pas la profondeur du sable. Les *Anemia* et *Gonocephalum setulosum* Fald. font exception. Si *G. setulosum* Fald. est assez ubiquiste quant au choix du biotope et peut être considéré comme psammoxène, les *Anemia* par contre, méritent certaines remarques :

Bien que la patte et les appareils sensillaires atteignent un degré de spécialisation extraordinaire, l'aile demeure toujours présente et le vol est puissant. Malgré cette spécialisation poussée de la patte et des sensilles, les *Anemia* ne se rencontrent que très rarement dans le sable. Il y a là un point de leur biologie qui nous échappe.

Chez les *Anemia*, ainsi que chez *Gonocephalum setulosum* Fald., l'accouplement a lieu en surface. Il n'a pu être observé chez les autres espèces.

La période d'apparition des *Opatrini* varie suivant les groupes. Chez les *Anemia*, exclusivement nocturnes, elle couvre la phase vernale, la phase estivale et la majeure partie de la phase post-estivale. Il en est de même chez *Gonocephalum setulosum* Fald.

Quant aux autres espèces, qui ne paraissent pas quitter la profondeur et dont la période d'activité couvre l'ensemble des phases pré-établies, leur éclosion paraît bien avoir lieu tout au long de la saison. *Eurycaulus reymondi* Esp. semble cependant éclore au printemps.

2. Coléoptères Scarabéoides

Les larves de Scarabéides observées dans le sable sont toutes du type fouisseur.

Quant à l'adulte, la progression à l'intérieur du sable vif s'effectue suivant la tendance habituelle du groupe : certaines espèces, *Scarabaeus sacer* L. et *S. janssensianus* Auber sont mineurs. D'autres, la plupart des Aphodiens en particulier, sont fouisseurs.

De nombreuses espèces ne semblent pas regagner le sable après l'éclosion : *Cyphonoxia kircheri* Balth., *Anomala ferruginea* Mars., *A. bleusei* Chob., *Adoretus epistomalis* Chob., *Peradoretus koechlini* Mars. Le fouissement n'interviendrait donc qu'au moment de l'éclosion.

D'autres effectuent des sorties plus ou moins longues, puis regagnent ensuite le sable : les *Eremazus*, quelques Aphodiens, et le petit Trogide *Glaresis handlirschi* Reitt.

Enfin, rappelons la forme particulière de géotropisme positif qui apparaît parfois chez les Cétoines sabulicoles *Enoplotarsus deserticola* Luc. et *Thyreogonia costata* Luc., formes ailées très spécialisées mais qui ne quittent habituellement pas la profondeur du sable.

La période d'apparition de la majeure partie des Scarabéoides s'étend du début de la phase vernale au milieu de la phase post-estivale. Font exception : le *Geotrupidae Eubolbitus sicardi* Reitt., qu'A. REYMOND a capturé très régulièrement à Tabelbala, en mai; les Scarabéides *Dicranoplia deserticola* Luc. et *Oxythyrea subcalva* Muls., espèces printanières.

La faune des Scarabéoides comprend un important contingent d'espèces nocturnes : la presque totalité des formes se capturent à l'état adulte la nuit autour des lampes. Cependant chez les *Scarabaeus* le rythme quotidien est assez mobile; au début de la saison ils sont actifs tout le jour, mais en été, leur activité se situe le matin tôt ou bien le soir. *Dicranoplia deserticola* Luc. est une espèce franchement diurne, ainsi d'ailleurs qu'*Oxythyrea subcalva* Muls.

3. Autres Coléoptères

2. *Histeridae*. — Bien que la structure des *Histeridae* soit extraordinairement modifiée et que tous soient fousseurs, l'aile demeure souvent fonctionnelle. Plusieurs espèces se rencontrent pendant toute la saison et viennent au vol, la nuit, autour des lampes, *Philonthus alsiosus* Peyer, en particulier.

2. *Dermestidae*. — Les larves d'Attagènes sabulicoles, fousseuses, se déplacent parfois, en hiver, dans la couche superficielle du sable, laissant derrière elles une petite « levée » nettement apparente. Elles semblent maintenues à ce niveau par une température plus chaude, la couche superficielle du sable s'échauffant seule en cette saison.

L'adulte, fousseur, vole parfois la nuit.

3. *Masoreidae*, *Anthiidae*, *Harpalidae*. — *Graphopterus serrator* Forsk., *Anthia sexmaculata* F. et *A. venator* L. (fig. 127) sont d'excellents marcheurs.

Ils sont également bons mineurs et se creusent un terrier habituellement peu profond. Si chez *Graphopterus* ce terrier est la règle, chez les *Anthia*, par contre, tout refuge pouvant se présenter : pierres, touffes de végétation basse, troncs de palmier au sol... est admis. R. JEANNEL (1907) rapporte d'intéressantes observations concernant les mœurs d'*A. venator* L., le foussement notamment. Selon cet auteur, l'insecte attaque d'abord le sable avec ses pattes antérieures, puis le rejette avec les pattes intermédiaires et postérieures. Chez *Graphopterus serrator* Forsk., le foussement a lieu suivant une technique assez comparable.

Les larves de toutes ces espèces sont fouisseuses. L. CHOPARD (1936) a fort bien montré comment la larve d'*A. scrmaculata* F. pénètre dans le sable s'aidant des pattes, la tête agissant un peu comme « une pelle ». Le processus d'enfouissement qui s'observe chez les larves des autres espèces est assez analogue.

Graphopterus serrator Forsk., essentiellement diurne, est un élément très caractéristique de la phase prévernale.



FIG. 127. — *Anthia venator* L.

Dans notre région, les *Anthia* sont nocturnes l'une et l'autre. Cependant, pendant la phase pré-vernale *A. scrmaculata* F. peut se rencontrer le jour.

En Tunisie Centrale, P. QUEZEL (1950) a montré que le rythme quotidien d'*A. scrmaculata* L. était en rapport avec le *preferendum* thermique. L'insecte, franchement diurne début avril, est exclusivement nocturne en juin.

A. scrmaculata F. a une période d'apparition qui couvre à peu près toute la saison; alors qu'*A. venator* L., par contre, est franche-

ment estivale. Selon A. LEOUFFRE (1953), cette dernière espèce se réfugierait dans les terriers désaffectés des Rongeurs.

Heteracantha depressa Brullé a un vol très puissant; il est attiré la nuit par les lampes bien que sa morphologie soit celle d'un fouisseur très évolué.

4. *Liodidae*, *Anthicidae*, *Curculionidae*. — Le Liodide *chobeautiella deserticola* Reitt., bien que remarquablement armé pour fouir, vole aisément. Nocturne, il est attiré par la lumière.

Les Anthicides du genre *Mecynotarsus* se déplacent à la surface du sable, mais demeurent étroitement satellites du végétal qui les héberge. Non fouisseurs. *Mecynotarsus semicinctus* Woll., vole parfois autour des lampes et se rencontre actif pendant toute la saison.

Quant aux Curculionides sabulicoles sahariens, généralement peu spécialisés, ils ne présentent guère de particularités bien notables. *Eremiarhinus margarinetus* est pré-vernal; *Cleonus gigas* Mars. et *Gronops jekeli* All. apparaissent au début la phase vernale; *Depresseremiarhinus elongatus* Desbr. s'observent sur toute la saison.

4. Autres ordres

Quelques faits particulièrement marquants seront simplement signalés.

1. Dictyoptères *Corydiidae*. — Dans tout le genre *Heterogamodes* et chez *Nymphrytria mirabilis* Shelf., du type fouisseur, le ♂, normalement ailé vole fréquemment la nuit et est attiré par la lumière, alors que la ♀ est totalement dépourvue d'aile.

La période d'apparition de ces Insectes s'étend de la phase vernale à la phase post-estivale.

2. Isoptères *Rhinotermitidae*. — Nous avons déjà cité les très intéressantes observations de P.-P. GRASSÉ et C. NOIROT (1949) concernant *Psammotermes hybostoma* Desn., dont les « ouvriers » entretiennent dans les chambres supérieures de la termitière une humidité constante en régurgitant l'eau puisée au niveau de la nappe profonde. Il faut encore noter à ce sujet et d'une façon générale l'extension considérable des galeries.

3. Hyménoptères *Formicidae*. — F. BERNARD (1948) note qu'en ce qui concerne l'emplacement et l'architecture des nids, aucune particularité bien marquante ne s'observe chez les Fourmis du désert. Suivant ce même auteur (1954), les « soldats » de *Cataglyphis bombycina* Roger, qui sont en fait des « ouvriers » particulièrement robustes, transportent, à l'aide de leurs longues mandibules (fig. 128), du sable, dans le ramassage duquel interviendraient les palpes maxillaires, également très développés.

4. Hyménoptères *Mutillidae* et *Methocidae*. — Chez les Mutillides le ♂ seul est ailé; celui-ci vole la nuit et est attiré par la lumière

des lampes; la ♀ peut également être rencontrée la nuit à la surface du sable.

Quant aux Méthocides, dont les ailes sont très réduites et probablement infonctionnelles, ils ne paraissent guère quitter la profondeur du sable. Ce sont d'excellents fouisseurs.

5. Planipennes *Myrmeleonidae*. — Les « entonnoirs-pièges » des larves de *Myrmeleonidae*, parfois fréquents dans d'autres régions, n'ont jamais été observés. On peut suggérer qu'il y a peut être là un rapport avec le vent qui sans cesse nivelle la surface du sable.

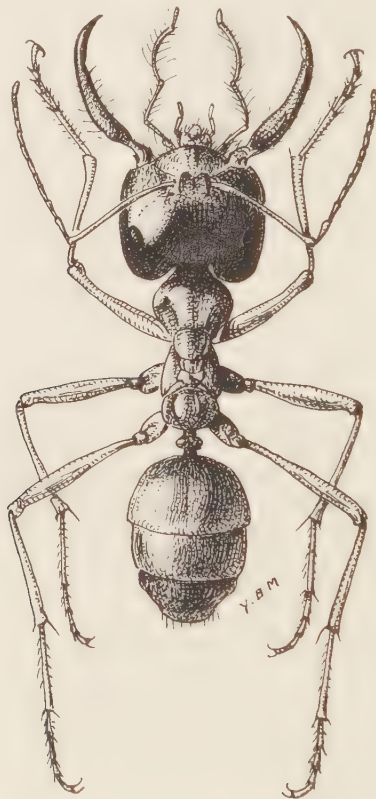


FIG. 128. — *Cataglyphis bombycina* Roger (soldat).

L'adulte est nocturne; sa période d'apparition paraît s'échelonner tout le long de la saison sauf chez *Palpares angustus* M. L. qui est franchement post-estival.

Les larves de *Nemopteridae*, qui fréquentent exclusivement la surface des sables éoliens des cavités souterraines, se nymphosent en surface mais dans un cocon. L'adulte vole au dehors et vient aux lumières. La période d'activité s'échelonne de la phase vernale à la phase post-estivale (F. PIERRE, 1950).

6. Diptères *Thereridae*. — Nous rapporterons l'observation souvent répétée, concernant une espèce inédite du genre *Therera* :

Après le coucher du soleil, l'insecte se pose à la surface de la dune et, par un mouvement combiné des pattes et des ailes, les pattes attaquant le sable pendant que les ailes, par ventilation, le rejettent, creuse une petite excavation (guère plus profonde que l'épaisseur de notre Diptère). Il se tapit alors au fond de la cavité où il peut être capturé sans aucune difficulté.

Cet Insecte n'a jamais été rencontré le matin. Doit-on en conclure qu'il se laisse recouvrir par le sable presque toujours en mouvement au désert ? Est-il la proie des nombreux prédateurs qui fréquentent la surface du sable pendant la nuit ainsi que nous le montrent les traces que l'on découvre le matin sur la dune (pl. XIII, phot. 2) ? Les Thérévides sont des prédateurs ; cette espèce est assez thermophile ; il paraîtrait donc plus logique de supposer que cette particularité éthologique correspond soit à une méthode de capture des proies (E. SÉGRY, comm. verb.), soit un moyen d'échapper aux températures nocturnes relativement fraîches à la surface du sable¹.

7. Hétéroptères *Cydneyidae*. — Fouisseurs. Toutes les espèces observées, même les plus spécialisées, volent la nuit.

8. Homoptères *Margarodidae*. — Le ♂ de *Neomargarodes erythrocephala* Green, bien que fouisseur extraordinairement armé, est normalement ailé ; il vient au vol autour des lampes. *Margarodes burtoni* Newst. a la possibilité de s'enkyster comme beaucoup de *Margarodides*, ainsi que nous l'avons déjà noté.

9. Thysanoures *Lepismatidae*. — *Mormisma peyerimhoffi* Silv. qui normalement ne paraît pas quitter la profondeur du sable, lorsqu'il est accidentellement conduit en surface peut s'y déplacer à très vive allure bien qu'il s'agisse d'un type fouisseur très caractérisé. Il s'enterre cependant très vite. Sans rythme d'apparition bien défini.

10. Lépidoptères *Tineidae*. — Rappelons les longs tubes de soies (pl. XII, phot. 3) que se tisse dans le sable la larve d'une espèce indéterminée, au cours de ses déplacements sur la plante hôte.

11. Orthoptères *Acrididae*. — Le comportement d'un petit Acridien, probablement *Hyalorrhapis calcarata* Vos., n'est pas sans analogie avec celui que nous avons signalé plus haut à propos du Diptère Thérévide : *Therera* n. sp. L'insecte se pose à la surface du sable et, par des mouvements conjugués des pattes et des ailes, creuse une petite excavation où il se réfugie.

T. MONOD in L. CHOPARD (1955) signale chez un Erémiophile de Mauritanie : *Heteronutarsus arenivagus* Chop., un comportement de

(1) Voir aussi P. ARDÖ (1957).

ce type. Cette Mante se remarque le matin dans une petite excavation creusée dans le sable, excavation qui pourrait être un refuge.

Citons encore les intéressantes observations de B. P. VOLKONSKY (1939) concernant le comportement d'*Eremogryllus hamadae* Krauss, qui rappellent un peu celles qui viennent d'être relatées pour *Hyalorhapis calcarata* Vos. D'après A. LÉOUFFRE (1953), *Eremogryllus hamadae* Krauss serait actif à Aïn Séfra, plus au nord, d'avril à juillet.



Il ressort à ce chapitre que :

1° *Le fouissement*, comportement excessivement fréquent chez les Insectes, mais qui le plus souvent n'intervient que très temporairement et dans des circonstances bien déterminées, au moment de l'éclosion par exemple, prend ici chez les formes les plus étroitement inféodées au sable une importance de base. Il paraît être régi dans cette faune par des facteurs internes (notamment, besoins d'aliments, nécessité de contacts) et par des facteurs externes, essentiellement climatiques.

Le fouissement lui-même peut s'interpréter, dans une certaine mesure, comme une réaction à une *rupture d'équilibre* entre ces divers facteurs, rupture du *thigmotactisme*, qui paraît être à la base de cette forme de comportement.

Quant à la structure de la patte suivant le comportement, si un rapport à peu près constant peut être établi entre les particularités morphologiques qu'elle présente et le mode de fouissement (élargissement, sous quelle forme que ce soit du tibia antérieur chez les fouisseurs, ciliations des tarses antérieurs et postérieurs chez les mineurs), on ne saurait être formel en ce qui concerne ces mêmes particularités en fonction de la marche. En effet, chez les Ténébrionides *Erodiini* qui comprennent des espèces dont les tarses sont munis sur la face plantaire de soies plus ou moins longues (*Leptonychus*) et des espèces où ces soies sont courtes et éparses (*Erodius*), les aptitudes à la marche et au fouissement paraissent très identiques. De plus, certains de ces Ténébrionides fouisseurs-marcheurs (*Platyopini*) sont en outre, et malgré cette spécialisation de la patte, de remarquables grimpeurs.

Il en est de même du vol. On remarque en effet que les formes les plus étroitement sabulicoles sont aptères. Mais là encore, dans plusieurs cas et en particulier chez tous les représentants du genre *Anemia* (Col. *Teneb.*) où les pattes atteignent un degré de spécialisation rarement égalé dans les autres groupes, les ailes demeurent normalement développées et parfaitement fonctionnelles.

2° *Le réchauffement au sol* se manifeste dans certains groupes

(Hyménoptères, Diptères), paradoxalement, comme dans les régions plus froides.

3° *L'accouplement* et la *ponte* chez les espèces qui ne semblent pas quitter la profondeur du sable constituent un problème très intéressant; malheureusement, nous ne pouvons apporter aucune donnée.

4° La période d'apparition de la faune entomologique saharienne s'étend sur presque toute la durée de l'année. Une courte période de latence, à peu près généralisée, peut cependant être notée du 15 décembre au 15 février. La période d'apparition comprend plusieurs phases, dont deux présentent quelques particularités :

La phase *pré-vernale*, de mi-février à la fin mars, caractérisée par la présence d'éléments diurnes et semi-diurnes, et l'absence des nocturnes, ainsi que par l'activité très significative des Ténébrionides *Platyopini*.

La phase *post-estivale*, de juillet à décembre, dont le paroxysme coïncide avec l'éclosion massive de *Prionus* (*Polyarthron pecticornis* F. (Col. *Ceramby.*)).

Quant au rythme quotidien, matinal ou vespéral, diurne ou nocturne, il ne fait pas de doute que si dans certains cas il est sous la dépendance de facteurs internes, d'en d'autres, ce sont surtout des facteurs externes qui paraissent déterminants.

Enfin, il faut encore retenir qu'aucun cas de mimétisme ne peut être réellement mis en évidence dans les sables, alors que sur les autres faciès du désert ses manifestations sont fréquentes.

STRUCTURE DES GROUPEMENTS

Le peuplement entomologique d'un sable vif, que ce soit à l'échelle d'un erg ou d'une nebka, comprend des groupements de différents types qui, suivant qu'ils traduisent une simple coexistence durable ou une réelle interdépendance, peuvent être schématisés par :

1° Des *cohortes*, où des éléments *indépendants* les uns des autres se trouvent simplement rassemblés par le fait que leurs réactions vis-à-vis du milieu sont analogues.

2° Des *biocénoses*, où les éléments d'une même cohorte, ou de cohortes différentes sont directement ou indirectement *interdépendants*.

Le terme de *cohorte*¹ paraît avoir été introduit par P. de PEYERIMHOFF (1938) mais avec un sens un peu différent de celui que nous proposons. Suivant cet auteur : « A chacun des milieux élémentaires correspond en effet une cohorte assez constante... » et, s'engageant davantage : « dont on peut dire qu'elle lui est adaptée. L'importance relative de ces cohortes, leur composition, leurs réactions aux conditions du faciès saharien doivent donner la physionomie de la faune étudiée ». P. de PEYERIMHOFF distingue alors : les hygrophiles, les terricoles, les sabulicoles, les satellites des plantes ou phytophages, etc...

Cette conception des groupements élémentaires en fonction du milieu rejoindrait celle de M. PRENANT (1934) pour qui : « l'idée essentielle de l'écologie est celle d'une adaptation, c'est-à-dire d'une certaine corrélation entre l'organisme et son milieu ».

Le terme de *biocénose* se trouve ainsi réservé aux groupements plus étroits et répondant à la définition qu'en donne P.-P. GRASSÉ (1951) : « *Les espèces animales qui appartiennent à une même biocénose dépendent les unes des autres, mais d'une façon souvent indirecte et surtout par les modifications qu'elles imposent au milieu.* »

Il semble que par ce système (fig. 129) — qui ne constitue qu'un essai — une première figuration des différentes populations présentes

(1) Du latin *cohaerere*, être uni à, former un tout, une *troupe*, une *bande*. Le terme implique donc un groupement durable se distinguant nettement d'une *foule*, groupement fortuit très *temporaire* et sans grande signification écologique ainsi que le note pour ce dernier point P.-P. GRASSÉ (1951).

dans nos sables puisse être esquissée, ainsi que nous le montrera plus loin un exemple, si de surcroît, l'on fait intervenir certaines données telles que :

1. Les *rythmes* d'apparition et d'activité.

2. La *valeur quantitative*.

3. Le *degré de spécialisation*, à propos duquel pourront être distingués : a) des *psammobies*, dont l'entier développement s'accomplit au contact du sable; b) des *psammophiles*, dont une partie seulement du développement s'effectue au contact du sable; c) des *psammoxènes*, dont le développement a lieu hors du sable mais qui peuvent être conduits, fortuitement, à s'y réfugier.

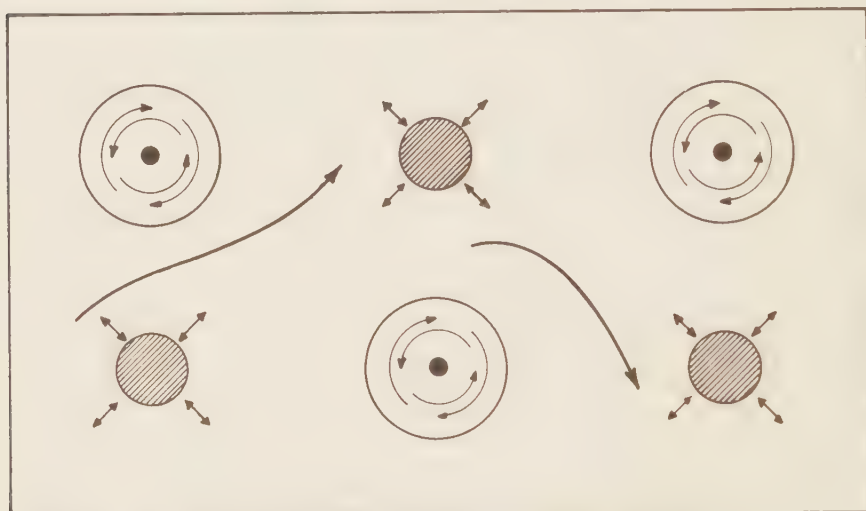


Fig. 129. — Schéma des groupements dans les sables du Sahara Nord-Occidental : errants (flèches en trait fort); satellites (en trait fin); sédentaires (hachures).

4. Le *niveau* du biotope qui déterminera la *strate* (xérophile ou hygrophile) ¹.

Enfin, il doit être encore tenu compte du rôle des *parasites* et des *prédateurs*, point sur lequel nous n'avons que des renseignements très fragmentaires, lesquels seront mentionnés dans un paragraphe particulier.

(1) E. ANGELIER (1953) considère à ce sujet que d'une façon générale la faune des sables littoraux submergés forme le *psammon*, pouvant être lui-même subdivisé en : *eupsammon*, *hygropsammon* et *hydropsammon*, suivant qu'il s'agit de la faune de sable humide hors d'atteinte des vagues, ou atteinte par les vagues, ou bien de la faune aquatique.

Si l'on admet cette façon de voir, et après que le terme ait été étendu à l'ensemble des milieux sableux, à ces subdivisions s'ajouterait celle du *xéropsammon* que constituerait la faune du sable sec. Mais en fait il s'agit de domaines bien différents et ce découpage mériterait d'être repris.

Par cette méthode, il devient aisé de faire intervenir le *stade*. Nous avons vu en effet que pour une même espèce le biotope de la larve pouvait être fort différent de celui de l'adulte. Il en est de même d'ailleurs du comportement. Cette même espèce peut ainsi entrer dans des cohortes ou des biocénoses différentes. Le *stade* constitue donc le plus petit élément d'un groupement.

1. LES COHORTES

(Définitions)

1. **Cohorte des errants.** — La cohorte des errants comprend tous les éléments qui ne sont pas durablement maintenus dans un biotope étroitement limité par un centre attractif bien déterminé. Elle constitue généralement un groupement assez ample par le fait que ses composants effectuent des déplacements importants. Les Coléoptères Ténébrionides des genres *Erodinus*, *Zophosis*, *Pimelia*... sont dans nos sables des éléments caractéristiques de ce type de groupement.

2. **Cohorte des satellites.** — La cohorte des satellites *groupe* les éléments maintenus par un centre attractif plus ou moins durable. Un bon exemple de ce type de groupement nous est offert par la faune qui « *gravite* » autour d'un pied de végétation, tel qu'un *Tamarix*, une touffe de Graminée...

3. **Cohorte des sédentaires.** — Dans cette cohorte entrent les Insectes sociaux, dans nos sables, Termites et Fourmis¹.

2. EXEMPLE DE GROUPEMENT

Les relevés qui nous ont permis de schématiser au tableau XXXI le peuplement d'une nebka en fonction des saisons, ont été effectués dans un groupe de biotopes analogues, éloignés les uns des autres tout au plus de quelques mètres.

Ces sables, proches de Béni Abbès (Ksiba, hautes terrasses de l'Oued Saoura), choisis en raison de leur relative stabilité et de la commodité d'exploitation qu'ils offraient, sont un peu atypiques. Ils constituent un faciès intermédiaire entre la nebka à *Tamarix aphylla* L. et l'erg (proximité du Grand Erg Occidental). Leur granulométrie qui comprend une phase sable nettement caractérisée est également

(1) A ces cohortes pourraient s'ajouter dans un tableau d'ensemble, une cohorte des *parasites*, éléments intimement liés à un végétal ou à un animal et une cohorte des *migrateurs*, ces deux derniers groupements non en cause dans ce travail. Les migrateurs apparaissent d'ailleurs comme une forme particulière d'errants.

intermédiaire (tabl. XVI, n° 6 et 7). Il est donc normal qu'il s'y trouve à la fois des éléments des dunes isolées et des éléments de l'erg. Trois espèces très caractéristiques de ce dernier manquent cependant : les Coléoptères Ténébrionides *Foleya brevicornis* Peyer., *Leptonychus curvicornis* Peyer., et *Erodium dentifer* Peyer.

Techniques. — Le sable est fouillé aux abords de l'arbre (fig. 130) jusqu'à une profondeur de 1,20 m, profondeur au-delà de laquelle la faune ne s'étend guère. La fréquence du Termite *Psammotermes hybostoma* Desn. est cependant encore indiquée plus bas par quelques galeries isolées. La faune de ce sable est prélevée au moyen d'un

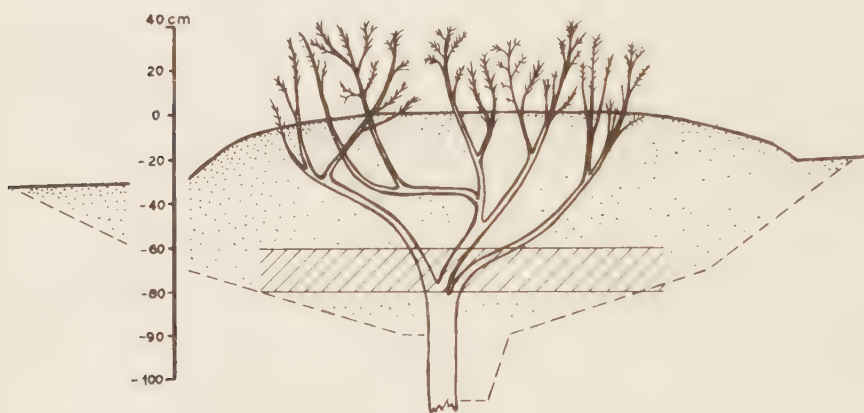


FIG. 130. — Coupe d'une nebka à Tamarix (*T. aphylla* L.).
En hachures : niveau de la strate hygrophile pendant l'été.
(Béni Abbès, 1949).

tamis à mailles suffisamment fines pour pouvoir retenir les Insectes les plus petits (maille de 1,5 mm environ). L'opération est répétée chaque saison sur une nebka non encore prospectée.

Critiques. — Le schéma que nous obtenons par cette méthode est incomplet à plusieurs titres :

1. La faune entomologique du sable comprend probablement, outre les éléments mentionnés, des Collembolés, ainsi que nous l'avons déjà signalé. Notre attention sur ce point n'a malheureusement été attirée que récemment. De nouvelles recherches devront donc éventuellement tenir compte de cette faune qui, si elle existe, aura une part importante au niveau du sable humide dans nos biocénoses si l'on en juge par celle qu'elle prend dans les populations du

Population d'une nebka en fonction des saisons

Groupements	Densité				Degré de spé- cialisation (1)	Biocénoses (2)
	Printemps (30-4-50)	Eté (27-7-49)	Automne (22-9-49)	Hiver (18-12-49)		
1-COHORTE DES ERRANTS						
A. Niveau du sable sec (Strate xérophile)						
COL. TENEBRIONIDAE						
<i>Erodus exilipes</i>	2				pb	
" <i>graniventris</i>	1	5		1	pb	
<i>Zophosis plana beraudi</i>	2					
" <i>arenarum</i>				6		
<i>Ammogiton peltieri</i>	2	2			pb	
<i>Oterophloeus scuticollis</i>			1		pb	
<i>Prionothea coronata</i>				2	pb	
<i>Pimelia angulata lesnei</i>	2				pb	
Larves de <i>Tenebrionidae</i>	11	6	1	3	pb	
COL. MASOREIDAE						
<i>Graphopterus serrator</i>	1			2	pb	Bx(3)
COL. ANTHIIDAE						
<i>Anthia sexmaculata</i>	1				pb	Bx
THYS. LEPISMATIDAE						
<i>Normisma peyerimhoffi</i>	5	1		2	pb	
2 - COHORTE DES SATELLITES						
A. Niveau du sable sec (Strate xérophile)						
COL. TENEBRIONIDAE						
<i>Scelosodis laticollis</i>	8				pb	
<i>Perithrix granidorsis</i>	55	3	5	14	pb	
<i>Amphithrix peyerimhoffi</i>	1				pb	
<i>Caedius auriculatus</i>	5			1	pb	
Larves de <i>Tenebrionidae</i>	7					
COL. HISTERIDAE						
<i>Saprinus</i> sp.	2				pb	B1
<i>Philothis chobauti</i>	3	1		4	pb	B1
COL. DERMESTIDAE						
<i>Attagenus aristidis</i>		2			pb	
Larves de <i>Dermestidae</i>				4	pb	
COL. ANTHICIDAE						
<i>Necynotarsus semicinctus</i>		1			pp	
COL. TROGIDAE						
<i>Glaresis handlirschi</i>	1				pb	
COL. SCARABAEIDAE						
<i>Bremazus unistriatus</i>		1			pb	
" <i>marmottani</i>	1				pb	
<i>Enoplotarsus deserticola</i>				3	pb	
<i>Tropinota bleusei</i>				1	pb	
DICT. CORYDIIDAE						
<i>Heterogamodes ursina</i>		1		1	pb	
" <i>dumonti</i>			1		pb	
HYM. METHOCIDAE						
<i>Myzine pici</i>		1		1		
PLANIP. MYRMELEONIDAE						
Larves	3				pb	
DIPTERES						
Larves	2	1		1	B1	
B. Niveau du sable humide (Strate hygrophile)						
COL. SCARABAEIDAE						
<i>Aphodius palmetincola</i>				1	pp	B2
<i>Stilphus brevitarsis</i>		1	4	42	pb	B2
" <i>ammodites</i>	12			5	pb	B2
<i>Psammobius</i> nov. sp.	26				pb	
Larves de <i>Scarabaeidae</i>	31	9	5	7	pb	B2
Nymphes "	1	2	1			
3. COHORTE DES SEDENTAIRES						
ISOP. RHINOTERMITIDAE						
<i>Psammotermes hybostoma</i>	+	+	+	+	pb	B3(4)
HYM. FORMICIDAE						
<i>Cataglyphis bombycina</i>	+	+	+	+	pb	B4(5)
Total (non compris les sédentaires)	185	37	18	101		

(1) - pb = psammobie ; pp = psammophile.

(2) - B = biocénose comprenant des éléments étrangers au sable.

(4) - Insectes sociaux.

(5) - Idem.

sol en général (C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE, 1951; H. FRANTZ, 1944, 1951; E. JAHN, 1951 ...).

2. La limitation rigoureuse du biotope s'oppose à ce que certaines biocénoses présentes soient définies (les proies des larves de *Myrmecoleonidae*, par exemple).

3. Les larves, indéterminables, ne permettent pas toujours une bonne interprétation des groupements.

4. Les prédateurs sont en général mal connus.

Ce tableau ne constitue qu'une simple indication; il ne paraît guère possible d'en tirer de conclusions bien formelles.

Cependant, l'étude de ces groupements en fonction des saisons permet quelques remarques :

1. Concernant les *préférences thermiques et hydriques* :

a. Au printemps, en été et en automne (obs. des 30 avril 1950,

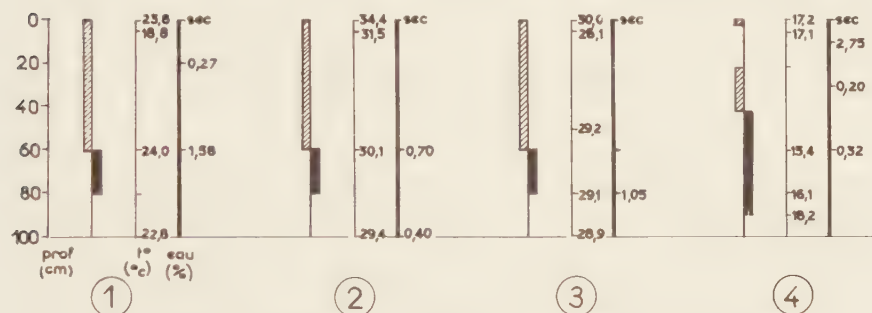


FIG. 131. — Stratification écologique en fonction des saisons dans une nebka à Tamarix (Béni Abbès).

Strate xérophile (hachures); strate hygrophile (noir). 1, Printemps; 2) été; 3) automne; 4) hiver.

28 juillet 1949 et 29 septembre 1949) les niveaux respectifs des strates xérophiles et hygrophiles sont les mêmes, bien que les températures et les teneurs en eau du sable soient assez différentes (fig. 131).

b. En hiver (obs. du 18 décembre 1949), où la partie supérieure du sable accuse une forte teneur en eau (2,75 % par rapport au poids sec), la strate xérophile se trouve « comprimée », la faune étant refoulée vers la profondeur. Aucun élément n'y demeure. L'humidité excessive qui règne à ce moment, la texture du sable, profondément modifiée, notamment sa rigidité considérablement accrue, constituent des facteurs très défavorables au maintien des xérophiles¹.

(1) A l'appui de ceci, je rapporterai une observation effectuée le 17 juillet 1951 sur une plage de l'Adriatique, près de Pescara :

De nombreux exemplaires d'un Coléoptère Ténébrionide, *Erodus siculus* Sol., morts depuis peu, étaient demeurés à demi-enfoncés dans le sable de la haute plage lequel, profondément humidifié par une forte pluie, s'était opposé par sa grande cohésion à ce que ce fouisseur puisse pénétrer dans la profondeur. Il semble bien que l'insecte n'ayant ni la possibilité de s'enfouir, ni la possibilité de se réfugier à proximité de la végétation, trop éloignée, n'ait pu admettre les températures élevées qui règnent au milieu de la journée à cette époque.

De plus, en cette saison, la température est beaucoup plus basse à tous les niveaux. La teneur en eau du niveau humide profond est minime. Malgré cela, les faunes demeurent importantes. Une extension de la strate hygrophile vers la profondeur peut en outre être retenue.

2. Concernant la *densité de peuplement* :

On note pour un volume de sable d'approximativement 0,3 m³ (non compris les Termites et les Fourmis) :

a. Au printemps	185 individus	
b. En été	37	»
c. En automne	18	»
d. En hiver	101	»

Nous pouvons remarquer ici que si la faune semble atteindre sa plus grande densité au printemps, en hiver elle est encore très abondante.

3. FORMATION D'UNE BIOCÉNOSE

L'ordre d'apparition des divers éléments aboutissant à la formation de la biocénose « B 2 » (Tabl. XXXI) telle qu'elle peut être en partie déduite « par recoupement » d'après diverses observations s'établit ainsi :

1. Le Coléoptère Cérambycide *Plocaderus caroli jaffeuvi* Vuill. s'installe pendant les premiers stades dans la profondeur du sable au niveau de la strate humide sur les branches souterraines de *Tamarix aphylla* L. et s'attaque au bois vivant ou dépérissant dont il se nourrit.

2. Dans le sable entourant ces branches et auquel se mêlent les débris ligneux résultant de la présence de l'insecte, se développent des larves de Coléoptères Scarabéides telles que celles de certains *Cetonini* et probablement aussi de quelques *Rutelini*. Il peut alors se former, nous l'avons vu, de petites quantités de terreau.

3. Plusieurs Coléoptères Scarabéides *Aphodiini* chez qui larves et adultes sont coprophages¹ entrent à leur tour dans le cortège, ainsi que quelques larves de Diptères, ces dernières pouvant servir de proies aux Coléoptères Histiérides.

Ce schéma est partiel. Il est probable, ainsi que le montrent certains indices, que sur cette base se greffe tout un parasitisme dont l'étude demeure à entreprendre².

(1) *Aphodius palmeticola* Karsch. a été signalé, au Sahara, ainsi que nous l'avons vu, des excréta d'un Lépidoptère Sphingide : *Celerio euphorbiae* L. (P. de PEYERIMHOFF, 1938).

(2) L. LESEIGNEUR (1955) pense que la larve de *Megapenthes pierreii* Leseign. (Coléoptère Elateridae) ne peut se développer qu'en commensal de la larve d'un Coléoptère Cérambycidae. Nous avons également noté le comportement particulier du Diptère *Therevidae Thereva* sp. qui s'attaque probablement aux larves sabulicoles, etc...

De semblables biocénoses peuvent se constituer au pied de la plupart des essences présentes dans les sables du désert et même, parfois, à proximité des plantes herbacées. Mais, dans ce dernier cas, plus fluctuantes, elles sont moins faciles à déceler.

4. DENSITÉ DE PEUPLEMENT

En plus des valeurs rapportées plus haut, nous mentionnerons encore que pendant des temps toujours très brefs, au printemps, le soir ou bien le matin très tôt, il est fréquent d'observer à la surface de la dune des apparitions massives et brèves d'insectes, apparitions qui ne paraissent nullement en relation avec des phénomènes climatiques temporaires :

1. Densité de faune sur une dune de l'Oued el Ethel, dans l'Erg Iguidi, près de Ben Zohra, le 27 mars 1952 à 6 h 00 (T.U.) :

Coléoptères Ténébrionides

(Pour 1m², surface du biotope : 20 m² env.)

<i>Foleya brevicornis</i>	5
<i>Leptonychus reymondi</i>	0,1
<i>Seelosodis laticollis</i>	1
<i>Ammogiton peltieri</i>	1
<i>Amphithrix pegerimhoffi</i>	1

2. Capture de 52 exemplaires du Coléoptère Ténébrionide *Erodius crilipes* Luc. à la suite d'une éclosion massive le 26 mars 1950 à Béni Abbès (Ksiba), pour une surface de dune de 10 m² environ.

Les renseignements que l'on peut ainsi obtenir sont excessivement variables d'un point à un autre et d'une année sur l'autre. Un nombre plus important d'observations serait nécessaire pour que l'on puisse en tirer quelques conclusions.

Il faut dire encore qu'il est généralement difficile d'évaluer la densité exacte de cette faune car bon nombre de ces apparitions massives ne se produisent que la nuit. Chez les aptères, elles nous sont révélées par les traces inscrites à la surface du sable; elles sont souvent très denses, au printemps surtout, ainsi que nous le montrent les photographies reproduites à la pl. XIV. Chez les ailés, c'est au cours des chasses de nuit autour des lampes que ces apparitions peuvent être remarquées. Il m'a ainsi été possible d'observer quelquefois la venue en nombre (plus de 50 individus dans certains cas en une demi-heure) de Coléoptères Ténébrionides (*Anemia*, *Cyphostetha*, *Trichosphenax*), de Coléoptères Scarabéides (*Aphodius*, *Psammobius*, *Peradoretus Brenskei*, *Anomala*, *Europroton*, *Eremazus*), de Diétyoptères Corydiides (*Heterogamodes* ♂), etc..

5. PRÉDATEURS ET PARASITES

Nous savons le rôle important que jouent dans les groupements prédateurs et parasites. Sans vouloir établir un bilan de leur action, problème d'une grande complexité, nous montrerons simplement ce qu'ils sont dans nos populations sabulicoles.

Parmi les *prédateurs*, en plus de ceux qui figurent dans nos listes ¹, des Solifuges du groupe des Galéodes, indéterminables actuellement (cf. J.-B. PANOUSE in F. JOLY et *alt.*, 1954) s'attaquent à plusieurs Ténébrionides (*Leptonychus* et *Erodius* notamment). Il est fréquent de voir au lever du jour, à la surface de la dune, des cadavres d'Insectes vidés de leurs viscères, et portant sur chacune des faces, dans la partie céphalo-thoracique, une perforation caractéristique, marque de ce prédateur. Ce fait, qui a étonné les premiers entomologistes sahariens, doit son explication aux observations du Lieutenant DARQUE des Compagnies Sahariennes, observations rapportées par P. de PEYERIMHOFF (1938).

Une Lycose installe un piège à la surface de la dune (pl. XIII, phot. 1), petite toile, reposant sur le sable, et au centre de laquelle s'ouvre le terrier de cette Araignée.

Les Scorpions : *Androctonus amoreuxi* Aud. et Sav. et *Buthacus leptochelys* H. et E. (M. VACHON, dét.) peuvent également s'attaquer aux sabulicoles.

Les Reptiles, souvent abondants, ont aussi en tant que prédateurs un rôle important. Dans l'erg, nous pouvons noter : *Scincus officinalis* Laur., *Chalcides boulengeri* Anders., *Agama tournevillei* Lataste, *Tarentola neglecta* Strauch et, sur les sables isolés, *Acanthodactylus pardalis* Licht. (R. GAUTHIER, inf.).

Enfin, signalons encore un Oiseau qui hante parfois la bordure des ergs, visitant le pied des végétaux, où sa trace a été souvent remarquée (pl. XIII, phot. 2), et aussi un Hérisson : *Paracchinus deserti* Loche, fréquent dans l'erg.

Quant aux *parasites*, J. THÉODORIDÈS (1955) note que les Coléoptères des régions sèches ne sont guère parasités par les Grégarines. Ce point mériterait cependant d'être vérifié chez les psammobies et plus particulièrement chez ceux qui forment la strate hygrophile.

Les *phorétiques* paraissent aussi excessivement rares. Un Acarien a cependant été observé une fois chez le Coléoptère Histiéride *Pachylopus henoni* Schm.

6. SABULICOLES ET VÉGÉTATION

J'ai montré (F. PIERRE, 1955), qu'il était possible de rencontrer sur la Graminée de l'erg : *Aristida pungens* Desf., en liaison plus ou

(1) R. M. QUENTIN (1947-1953) a signalé que *Sarcophaga maculata* Meig. peut en outre parasiter, dans le Sud du Maroc, *Pimelia g. latastei* Sen.

moins étroite avec la plante, plus de cinquante espèces d'Insectes et que ce nombre s'élevait à plus d'une centaine sur *Tamarix aphylla* L. Aucun de ces Insectes n'est réellement nuisible au végétal qui les héberge.

Il est bien évident que de telles faunes ne peuvent manquer d'avoir dans les sables du désert une part importante dans le cycle de la matière organique, toujours très particulier dans ces régions.

Chez *Aristida pungens* Desf., cette faune ne comprend pratiquement que des sabulicoles. Chez *Tamarix aphylla* L., le nombre de ces éléments atteint 60 % environ des formes recensées. Nous avons vu comment la présence de certains groupements pouvait aboutir à la formation de petites quantités d'humus. Il faut encore insister sur le fait que cette faune, en glanant sa nourriture soit à la surface, soit dans la profondeur, contribue à fragmenter, transformer et enfouir une quantité appréciable de matières organiques. Ch. KILLIAN (1945), tout en insistant surtout sur le rôle des Rongeurs, a déjà fait mention de la part que pouvaient prendre en régions arides les Insectes dans l'humification du sol.

Psammotermes hybostoma Desn. joue là un rôle excessivement important, ainsi que l'a souligné F. BERNARD (1948). Ce Terme s'attaque en effet aux végétaux surpaturés ou mourants tels que *Calligonum*, *Traganum*, *Aristida*, etc...¹.

En ce qui concerne les Termites tropicaux, P.-P. GRASSÉ et P. JOLY (1941) ont les premiers attiré l'attention sur la richesse en matières organiques des constructions où celles-ci peuvent s'élever jusqu'à 45,6 %.

P. BOYER (1955) a donné un aperçu pédologique de ces termitières. En savane, la flore bactérienne y est dense, et le taux de fixation de N peut y atteindre jusqu'à 1,85 %.

Il faut encore noter que l'attention des botanistes a été maintes fois attirée par l'aspect du peuplement végétal de la bordure des ergs, plus dense et plus riche qu'à l'intérieur. La carte phytogéographique de P. GUINET (1954) est très éloquent à ce sujet. On a pensé que la granulométrie du sable, plus fine, et le pouvoir collecteur des eaux de pluies, plus grand, étaient à l'origine de cette abondante végétation. Il n'est pas exclu que les débris de la vie animale des surfaces bordières, sans cesse balayés par le vent, contribuent aussi à la fertilisation de ces sables.



Des données aussi restreintes que celles qui ont pu être dégagées à ce chapitre ne permettent pas d'entrer dans le débat actuellement animé par certains spécialistes des populations animales.

P. QUEZEL (1950) et P. QUEZEL et P. VERDIER (1953) ont conclu,

(1) F. BERNARD (1954, 1954 a) estime cependant que lorsque le pâturage est par trop intensif, ces Insectes peuvent être réellement nuisibles.

après quelques tentatives d'application des méthodes de la phytosociologie aux populations animales, que lorsqu'un groupement avait été convenablement défini, il ne pouvait servir que de *fil directeur* aux recherches.

C'est aussi l'opinion de P.-P. GRASSÉ (1929) et de H. GISIN (1951).

L'indice de diversité de C. B. WILLIAMS, R. A. FISHER, A. S. CORBET et C. B. WILLIAMS (1943), C. B. WILLIAMS (1943, 1944, 1947, 1947 *a*, 1951), relation mathématique constante entre le nombre d'individus, le nombre d'espèces et le nombre de genres, ne pourra trouver également son application au désert que dans de rares cas, car l'erreur peut y atteindre 50 % et plus lorsqu'il est établi en partant d'un trop petit nombre d'éléments (E. ANGELIER, 1953; S. VILLERET, 1955).

Il en est de même des « principes de biocénétiques » énoncés par A. THIENEMANN (1954), en particulier, — traduits dans une certaine mesure par les formules mathématiques de C. B. WILLIAMS cité ci-dessus — mais que l'on peut cependant rappeler :

1. Plus les conditions écologiques d'un biotope déterminé varient, plus son peuplement varie.

2. Les biotopes aux conditions écologiques extrêmes sont qualitativement pauvres et quantitativement riches.

3. Une association est d'autant plus stable que les conditions écologiques ne sont pas sujettes à des variations brutales.

CHAPITRE VI

ORIGINE DE LA FAUNE SABULICOLE

Il existe dans le N-W de l'Afrique, entre la faune des sables vifs littoraux et la faune des sables vifs continentaux, une certaine analogie. Le phénomène, particulièrement sensible chez les Coléoptères Ténébrionides, nous est révélé non seulement par les particularités biologiques, mais encore, parfois, par la nature même des éléments constitutifs.

Au Maroc Sud-Occidental, ainsi que j'ai pu m'en rendre compte, au Sahara Espagnol et en Mauritanie, selon les informations de sources diverses, il est possible de voir, en ce qui concerne le milieu, le passage, progressivement, de la dune littorale à la dune continentale et même à de petits ergs (pl. XVI, phot. 1), puis aux dunes du désert.

Nous pourrions donc penser que les peuplements ne sont pas sans rapports.

Dans leur composition actuelle, ainsi que nous le verrons, il s'agit de faunes bien différentes, comparables surtout par leurs spécialisations.

Les dunes littorales constituent un milieu ancien, relativement stable, dont le caractère xérothermique peut se maintenir même si l'aridité s'atténue ou disparaît sur le continent. Leur faune, même dans des régions où l'aridité n'est guère perceptible, comprend souvent des formes dont la spécialisation ne le cède en rien à celle du désert. C'est le cas notamment de certains Ténébrionides tels que *Ammobius rufus* Ol., qui se rencontre dans toutes dunes de la Méditerranée occidentale, de *Sinorus colliardi* Fairm., des sables de la Corse, de nombreux représentants du genre *Cacidius*, en régions intertropicales.

Il n'est donc pas douteux que cette faune puisse avoir eu dans le passé, partiellement, un rôle dans le peuplement des sables continentaux. Mais, dans les régions où l'aridité se manifeste depuis toujours à la fois sur le littoral et sur le continent, comme dans le Nord de l'Afrique, il est difficile de déterminer la part qui revient à chacun des milieux dans le peuplement d'une zone déterminée. En effet, la faune de faciès de transition tels que les steppes et les savanes compte aussi, par ailleurs, des formes sabulicoles qui, bien que moins spécialisées peuvent également intervenir. On ne peut donc que constater certaines similitudes ou affinités.

Ainsi, dans le quart N-W de l'Afrique, parmi les éléments autochtones, celles-ci se manifestent dans plusieurs groupes : *Arthrodeis-Leptonychus*, *Erodius*, *Mateuina-Perithrix*, *Caedius* ...

Au Maroc Sud-Occidental, la série bético-rifaine *Hoplarion-Moragacinctella* ¹-*Bermejoia* correspond à la série de biotopes steppe-sables sub-littoraux-sables continentaux, correspondant elle-même à une série de spécialisations se manifestant notamment par la modification de la patte et l'hypertrophie des appareils sensillaires.

Une autre série, de même origine biogéographique, et taxonomiquement voisine, peut être suivie dans les sables de la Méditerranée occidentale. Le point de départ s'en situe à l'intérieur où le genre *Micrositus* pourrait en constituer un; la vie sabulicole, assez rudimentaire, prend naissance sur le littoral : *Isocerus balcaricus* Schauf., aux Baléares (F. ESPAÑOL, 1954) et va s'accroissant dans les sables littoraux ibériques : *I. purpureus* Herbst, et herbères : *I. tunisensis* Strand, nom. n.², s'accompagnant là aussi d'une spécialisation progressivement plus marquée.

En régions désertiques, par leur permanence relative, les sables vifs du littoral peuvent constituer à la fois un centre de différenciation et une forme de refuge, points sur lesquels on ne semble pas avoir suffisamment insisté en ce qui concerne l'histoire des « arché-rémiques » de P. de PEYERIMHOFF (1948) : « ces formes souvent isolées et toujours très différenciées qui supposent une longue évolution ».

En effet, on a admis pour expliquer le maintien de ces faunes pendant les « pluviaux » et les « humides » que l'on s'accorde à voir dans l'histoire climatique du Sahara — nous la rappellerons brièvement à la fin de ce chapitre — des zones de dunes refuges : E.-F. GAUTHIER (1928), R. CAPOT-REY (1953).

Il est donc permis de supposer que pendant les *périodes de faible humidité*, des sables-refuges ont pu se maintenir sur le continent, puisque actuellement ces formations s'observent encore, bien que plus ou moins fixées, dans des régions où la pluviométrie atteint près de 250 mm, et aussi sur le littoral; alors que pendant les *périodes d'humidité plus importantes*; ceux-ci se seraient trouvés réduits uniquement aux dunes littorales qui, par ailleurs, peuvent s'étendre parfois assez loin dans l'intérieur.

Parallèlement, sur les Hauts Plateaux et dans l'Atlas Saharien, de la steppe au désert, une transition de cet ordre peut être observée. Mais, la Berbérie, unité biogéographique relativement récente, isolée pendant longtemps des régions anciennes : Massif Bético-Rifain, Thyrrhéide, Bouclier Africain, — R. JEANNEL (1956) et A. VANDEL (1955) l'ont encore affirmé récemment — n'a en outre été atteinte par l'aridité que très tardivement; aussi constitue-t-elle davantage une

(1) Bien que ce genre ait été placé, par son auteur, F. ESPAÑOL (1944), par la forme de l'organe copulateur, dans les *Opatrini*, alors que les deux autres genres entrent suivant ce même auteur (1945) dans les *Litoborini*.

(2) Comprenant en fait plusieurs espèces.

zone de passage qu'un centre de différenciation. Sa faune sabulicole comprend surtout des éléments d'origine orientale auxquels s'ajoutent quelques éléments africains : sahariens débordant vers le Nord, et aussi quelques bético-rifains ou thyrréniens qui, inversement, ne s'étendent guère vers le Sud.

C'est ce rôle de zone de passage, pour les éléments orientaux surtout, qu'il convient simplement de souligner à propos de la Berbérie, ainsi que nous le verrons lorsque nous examinerons la part prise par ce second élément dans le peuplement de nos sables.

1. SABLES LITTORaux ET SABLES CONTINENTAUX

1. Milieu

Ecologiquement, la masse même d'un sable littoral constitue un milieu comparable par de nombreux côtés à celui que forme un sable continental :

1. *Types d'édifices*. — Nous pouvons distinguer dans le quart N-W de l'Afrique (fig. 132-137) :

A. SABLES VIFS LITTORaux

a. La *pré-dune*, sables compris entre la zone de balancement des marées et la dune.

b. La *dune*.

c. L'*interdune*, sables souvent semi-fixés par une végétation très clairsemée.

d. L'*arrière-dune*, où le sable est fixé par une végétation assez dense. Il résulte de la présence de ces végétaux une certaine quantité de matières organiques qui modifie notablement les propriétés du sable.

B. SABLES VIFS SUB-LITTORaux

a. Les *sables isolés*, ensablements légers retenus plus ou moins au pied des végétaux et parfois semi-fixés.

b. La *dune*.

c. Les *petits massifs dunaires*, comme à Turgot, en Oranie, ou, plus nettement, au Maroc Sud-Occidental où ils prennent l'aspect de petits ergs. Ils sont d'ailleurs désignés dans cette dernière région sous le terme particulier de *rherd* (pl. XVI, phot. 1).

Ces sables vifs sub-littoraux rappellent souvent par leur aspect les sables franchement continentaux, au Maroc Sud-Occidental en particulier (pl. XVI, phot. 1-2).

2. *Climat*. — Nous examinerons quelques chiffres notés sur le littoral du Maroc Sud-Occidental à Aoréora (fig. 137), localité d'une latitude à peine plus basse que celle de Béni Abbès :

En ce qui concerne l'humidité relative dans la profondeur, je n'ai pu effectuer aucune mesure, mais il est probable que, comme sur le

t° du sable	Aoréora Rherd el Khadem	Aoréora Sommet de la falaise Dune sur hamada	Aoréora Pied de la falaise Nebka à <i>Traganum</i>	Béni Abbès Grand Erg Occidental
Profondeur	19-3-53 18 h 00 (T.U.)	20-3-53 15 h 00	20-3-53 15 h 00	12-3-50 15 h 00
0 (0,5) cm	21,7° C	22,5° C	30,8° C	—
5	24,0	22,8	25,7	—
10	21,2	19,5	24,3	—
20	19,9	17,0	21,7	20,5° C
50	19,1	16,9	21,0	18,5
t° air à 1 m	16,2° C			
h.r. air à 1 m	56 %			
h.r. au sol	54 %			

continent, elle atteint des valeurs très élevées, puisque l'eau est présente à la base des édifices. Quant à la température, il est bien évident qu'à partir d'une vingtaine de centimètres de profondeur, elle peut être considérée, au printemps, comme assez voisine de celle des sables continentaux.

Nous pouvons encore remarquer que dans une masse sableuse importante telle que celle d'un petit erg (Rherd el Khadem) la température atteint en profondeur des valeurs comparables à celles qui s'observent dans les dunes situées au pied d'une falaise, sensiblement au niveau de la mer, alors que dans une dune située au sommet, sur la bordure d'une hamada, celles-ci sont nettement plus fraîches.

Quant au climat de surface, il va de soi que la proximité de la mer crée des conditions nullement comparables à celles qui règnent à l'intérieur; la température peut atteindre là des valeurs importantes, mais elles s'éloignent cependant de celles qui s'enregistrent dans les sables continentaux :

Un maximum de 44,9° C a cependant été enregistré à la surface d'une dune à Aoréora le 18 mars 1953, à 13 h 00.

Aoréora Sommet de la falaise Dune sur hamada 18 mars 1953	7 h 00 (T.U.)	13 h 00 (T.U.)
t° air à 1 m	11,0° C	19,8° C
t° air au sol	11,8	25,1
t° air sous pierre	11,8	24,7
h. r. à 1 m	88 %	52 %
h. r. au sol	89	26
h. r. sous pierre	—	70

Nous retiendrons aussi que sous une pierre-refuge l'humidité relative peut se maintenir à des valeurs bien plus élevées qu'à l'extérieur, alors qu'en région franchement continentale la différence n'est guère sensible. Il est probable qu'interviennent ici des *condensations nocturnes* importantes, contrairement à ce qui se passe au désert où nous avons vu qu'elles étaient à peu près nulles.

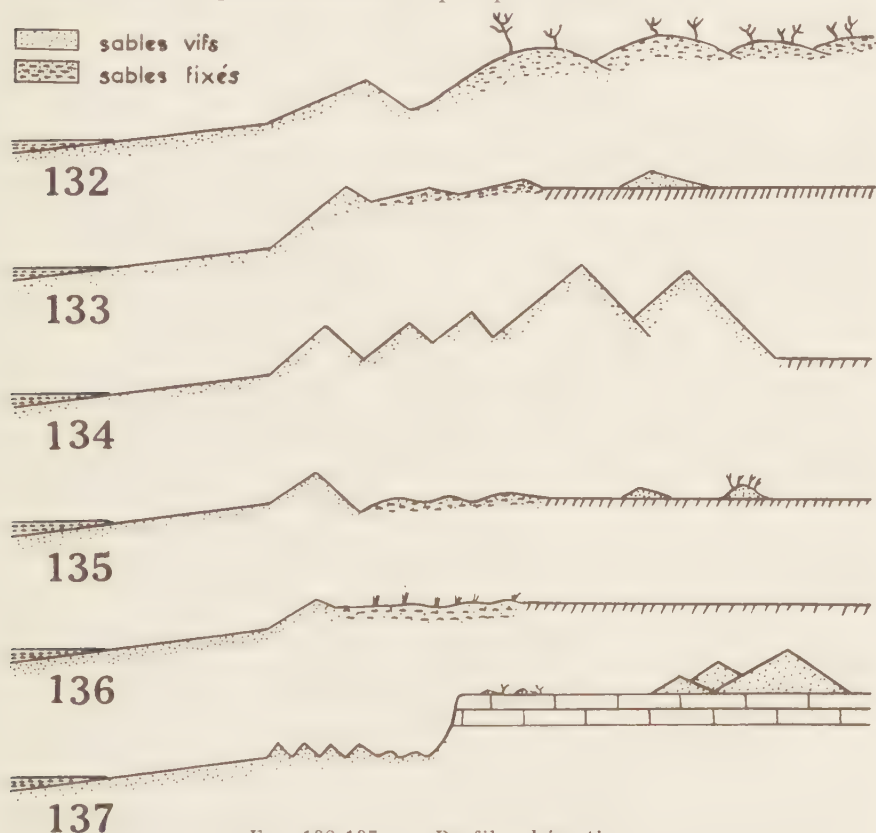


FIG. 132-137. — Profil schématique de quelques formations dunaires sur le littoral du Nord-Ouest de l'Afrique.
 132. Environs d'Alger (Maison Carrée). — 133. Oranie (Ain el Turck).
 134. *Idem* (Turgot). — 135. Maroc Sud-Occidental (Embouchure de l'O. Sous).
 136. *Idem* (Aglou). — 137. *Idem* (Aoreora).

3. *Granulométrie*. — Dans les échantillons analysés (Part. I, tabl. XVI, fig. 38) elle est assez analogue dans certains cas (Maroc Sud-Occidental) à celle des petites formations continentales : dunes isolées, nebkas..., alors que dans d'autres (Oranie littorale), elle s'apparenterait plutôt à celle des grands ensembles du désert.

4. *Végétation*. — Au Maroc Sud-Occidental (régions d'Aoreora et du Cap Dra) les plantes qui interviennent surtout dans le développement des sabulicoles sont :

A. Sables vifs littoraux :

Tamarix sp.
Traganum Moquinii Webb.
Cistanche Phelipaea L.

B. Sables vifs sub-littoraux :

Salsola vermiculata L.
Lycium intricatum Boiss.
Echiochilon chazalici Boiss.

Cette végétation est assez différente de celle de notre secteur bien que plusieurs espèces par leur morphologie et leur comportement rappellent nos plantes sahariennes. Dans les formes qui nous intéressent, les genres sont souvent les mêmes (*Tamarix*, *Traganum*...). La bonne étude de C. SAUVAGE (1948) nous montre aussi que certains éléments du Sahara Nord-Occidental se rencontrent dans ce secteur ; mais ce sont généralement des espèces à grande répartition. Pour d'autres végétaux, une certaine vicariance se remarque.

Là, comme sur le continent, la faune sabulicole est peu exigeante quant à la plante refuge. C'est ainsi que plusieurs espèces qui paraissent liées à la végétation des sables sub-littoraux du Cap Dra se retrouvent dans ce même type de sable dans la forêt d'Arganiers d'Ademine, inféodées alors à *Rhus tripartitum* Ucria et aux jeunes *Argania spinosa* L.

Une Euphorbe, *Euphorbia paralias* L., qui en Oranie littorale héberge plusieurs éléments de la faune littorale n'attire au Maroc Sud-Occidental aucun sabulicole.

Malgré cette analogie écologique il faut cependant souligner que, par le climat de surface, ces sables s'écartent assez de ceux du continent. Ces différences climatiques se traduisent :

1. Par une plus grande humidité : condensations, précipitations, humidité relative.
2. Par une évaporation faible.
3. Par une température moins élevée en saison chaude et moins basse en saison froide.
4. Par des écarts quotidiens et saisonniers de faible ampleur.

Les éléments dont l'extension vers l'intérieur du continent pourra être possible se recruteront donc dans les groupes dont les temps d'activité en surface seront nuls ou excessivement brefs — les plus spécialisés — et c'est incontestablement ce qui se dégage d'une étude comparée des peuplements ainsi que nous allons le voir.

Les sables des steppes sont eux par leurs types d'édifices et par leurs conditions écologiques plus près de ceux du désert. De petits massifs dunaires peuvent s'y former mais les grands ergs manquent, comme sur le littoral. La transition vers le désert y est cependant

plus nette. La Graminée *Aristida pungens* Desf. se développe sur les dunes d'Aïn Sefra comme en bordure du Tanezrouft.

L'analogie de peuplement sera, cela va de soi, plus grande dans ce dernier cas. De nombreux éléments sahariens s'étendent vers ces régions ainsi que nous le montre la liste des Coléoptères Ténébrionides sabulicoles récoltés à Aïn Sefra par R. PESCHET de son vivant, et qu'il m'a été donné d'étudier ultérieurement au Museum (cf. *infra*).

2. Peuplement

1. **Sahara Nord-Occidental.** — L'analyse biogéographique (tabl. XXXII) du groupe xérophile prépondérant dans les sables du Sahara Nord-Occidental, les Coléoptères Ténébrionides, apporte les résultats suivants¹ :

Pour 54 éléments :

1. Endémiques	24	soit	44,4 %
2. Eléments propres au Sahara Nord Occidental et au Sahara Septentrional ²	19	»	35,1
3. Eléments propres au Sahara Nord Occidental et au Sahara Méridional	0	»	0,0
4. Eléments propres au Sahara Nord Occidental et au Sahara Occidental	2	»	3,7
5. Eléments propres au Sahara Nord Occidental et au Sahara Oriental	0	»	0,0
6. Eléments à grande répartition saharienne	7	»	12,9
7. » » septentrionale .	2	»	3,7
8. » » méridionale	0	»	0,0

Nous constatons que cette faune est essentiellement caractérisée :

1° Par un nombre très élevé d'endémiques, indice d'une forte individualisation. Ce chiffre n'atteint, par exemple, que 16 % au Tassili n'Ajjer (Sahara Central) pour l'ensemble des Coléoptères Ténébrionides (F. PIERRE, 1958 b).

2° Par un nombre important d'éléments dont la répartition s'étend vers l'E. au Sahara Septentrional sans cependant atteindre ni les régions orientales ni les régions méditerranéennes. Bien peu, en fait, se retrouvent au-delà du Grand Erg Oriental.

3° Par une influence occidentale négligeable contrairement à ce que l'on pourrait supposer, puisqu'elle ne se manifeste que par la présence de deux éléments.

(1) La répartition à grands traits mentionnée aux tableaux XXXII et XXXIII est établie d'après divers travaux dont nous trouverons les références dans deux autres publications concernant l'inventaire (P. PIERRE, 1958, 1958 a).

(2) Inclus les éléments s'étendant jusqu'au Sahara Central.

Il est intéressant de comparer pour cette même région les résultats de l'analyse biogéographique d'un groupe hygrophile, c'est-à-dire *écologiquement opposé* au précédent : les Coléoptères Scarabéoides, ensemble qui compte aussi un nombre élevé de représentants dans notre faune (tabl. XXXIII) :

Pour 43 éléments :

1. Endémiques	5	soit	11,6 %
2. Eléments propres au Sahara Nord Occidental et au Sahara Septentrional ¹	24	»	55,8
3. Eléments propres au Sahara Nord Occidental et au Sahara Méridional	0	»	0,0
4. Eléments propres au Sahara Nord Occidental et au Sahara Occidental	0	»	0,0
5. Eléments propres au Sahara Nord Occidental et au Sahara Oriental	0	»	0,0
6. Eléments à grande répartition saharienne	0	»	0,0 %
7. » » septentrionale .	11	»	25,5
8. » » méridionale	3	»	6,9

Bien que la répartition de ce groupe soit moins bien connue que celle du précédent et que certaines indications soient données avec réserves, nous pouvons noter :

1° Un nombre d'endémiques beaucoup plus restreint. On ne peut s'en étonner car dans ce groupe les moyens de dispersion sont plus grands. La presque totalité des formes sont ailées et nocturnes et, par ailleurs, la notion de sable-refuge joue aussi à une échelle moindre en raison de la relative constance de l'humidité dans la profondeur, quel que soit le régime climatique de surface, car les larves sont franchement hygrophiles, rappelons-le.

2° Les formes s'étendant au N.-E. (et non vers l'W.) atteignent encore ici un taux important, supérieur et de beaucoup à celui exprimé pour l'élément xérophile. Ce dernier point est là aussi l'indication d'un isolement durable de la faune.

3° Aucune influence occidentale bien nette ne peut être décelée. Les formes caractéristiques de ces régions, si bien mises en évidence par J. MATEU (1950), sont totalement absentes de notre faune.

4° L'influence méridionale est nettement sensible. Elle est probablement plus importante, mais ne peut être précisée davantage car nous manquons de renseignements.

Aucune extension bien nette de ces deux faunes vers le Sahara Occidental, c'est-à-dire vers l'Océan, ne peut réellement être mise en lumière alors que vers le N.-E., par contre, celle-ci est indéniable.

Parmi les Ténébrionides, deux espèces seulement sont communes

(1) Inclus les éléments s'étendant jusqu'au Sahara Central.

**Répartition géographique des Coléoptères *Tenebrionidae* sabulicoles
du Sahara Nord-Occidental**

SAHARA NORD-OCCIDENTAL (1)	Endémiques	Sahara Septentrional	Sahara Médional	Sahara Occidental	Sahara Oriental	Sahara Central	Régions méditerranéennes	Régions soudaniennes	Type de répartition (2)
ERODIINI									
<i>Foleya brevicornis</i>	+								E
<i>Leptonychus reymondi</i>	+								E
" <i>sabulicola</i>	+								E
" <i>pellucidus</i>		+							SS
" " <i>iguidiensis</i>	+								E
" <i>grassei</i>	+								E
" <i>curvicornis</i>	+								E
<i>Erodus exilipes</i>		+				+			SS
" " ssp. n.	+								E
" <i>dentifer</i>	+								E
" <i>graniventris</i>				+					SO
" <i>zophosoides</i>		+							SS
" <i>bicostatus</i> ssp. n.	+								E
" <i>singularis</i> Peyer. in. litt.	+								E
" nov. sp.	+								E
" <i>antennarius deserticola</i>		+							SS
ZOPHOSINI									
<i>Zophosis plana arenarum</i> Peyer in. litt.	+								E
" " <i>beraudi</i>		+			+				SS
" <i>carinata ghiliani</i>				+					SO
" <i>wollastoni</i>		+			+				SS
" <i>mozabita</i>		+		+					SS
EPITRAGINI									
<i>Cyphostethe ferruginea</i>		+		+					SS
" <i>saharensis</i>		+	+	+	+	+		+	GSa
<i>Sphenaria pierrei</i>	+								E
<i>Trichosphaena perraudierei</i>		+	+	+	+	+			GSa
TENTYRIINI									
<i>Oteraphloeus scuticollis</i>	+								E
<i>Scelosodis laticollis</i>	+								E
<i>Tentyria senegalensis</i>		+	+	+		+		+	GSa
<i>Oxycara gastonis</i>		+							GS
" <i>becharensis</i>	+								E
" <i>lavocati</i>	+								E
<i>Ammogiton peltieri</i>	+								E
" <i>jolyi</i>	+								E
PLATYIOPINI									
<i>Leucolaephus liliputanus</i>		+							SS
<i>Storthocnemis steckeri</i>		+							SS
" <i>antoinel</i>	+								E
" sp.	+								E
<i>Pseudostorthocnemis patrizii</i>		+							SS
PIMELIINI									
<i>Prionotheca coronata</i>		+	+	+	+	+		+	GSa
<i>Euthripta delicata</i>		+				+			SS
" <i>grisescens</i>		+							SS
<i>Pimelia subquadrata valdani</i>		+							SS
" <i>angulata lesnei</i>		+							SS
" " <i>antiaegyptia</i>	+								E
" <i>grandis latastei</i>		+	+	+	+	+	+	+	GSa
OPATRINI									
<i>Eurycaulus reymondi</i>	+								E
<i>Anemia sardoa</i>		+		+	+		+		GSe
" <i>pilosa</i>		+	+	+	+	+		+	GSa
" <i>brevicollis</i>		+		+	+	+	+		GSa
<i>Gonocephalum setulosum</i>		+		+	+	+	+		GSe
<i>Perithrix granidorsis</i>		+							SS
<i>Amphithrix peyerimhoffi</i>	+								E
<i>Brachyestes gastonis</i>		+							SS
<i>Caedius auriculatus</i>		+							SS

(1)-N'ont pas été compris dans cette liste : *Erodus opaciventris* Peyer., *Scelosodis alluaudi* Peyer., *Pimelia angulata expiata* Peyer. et *Platynosum* n. sp., manifestement d'un tout autre domaine.

(2)-Voir p. 273

TABLEAU XXXIII

Répartition géographique
des Coléoptères *Trogidae*, *Geotrupidae*, *Hybosoridae* et *Scarabaeidae* sabulicoles
du Sahara Nord-Occidental

SAHARA NORD-OCCIDENTAL	Endémiques	Sahara Septentrional	Sahara Mérional	Sahara Occidental	Sahara Oriental	Sahara Central	Régions méditerranéennes	Régions Soudanaises	Type de répartitions (1)
TROGIDAE									
<i>Glaresis handlirschi</i>		+		+		+	+		GSe
GEOTRUPIDAE									
<i>Eubolbitus sicardi</i>		+							SS
HYBOSORIDAE									
<i>Hybosorus illigeri</i>		+	+	+	+	+	+	+	GM
SCARABAEIDAE									
<i>Scarabaeus sacer</i>		+		+	+	+	+		GSe
" <i>jansensiannus</i>		+		+		+			SS
<i>Dynamopus plicifrons</i>		+	+	+	+			+	GM
<i>Aphodius klugii</i>		+		+			+		GSe
" <i>opacior</i>		+		+			+		GSe
" <i>sitiphoides</i>		+		+			+		GSe
" <i>chobauti</i>		+							SS
" <i>palmeticola</i>		+		+					SS
" <i>granulifrons</i>		+							SS
" <i>wollastoni</i>		+		+	+	+	+		GSe
<i>Sitiphus brevitarsis</i>	+								E
" <i>ammodites</i>	+								E
<i>Psammobius brevicollis</i>		+		+	+		+		GSe
" <i>plicatulus</i>		+		+		+		+	GM
" <i>n. sp.</i>	+								E
<i>Eremazus unistriatus</i>		+		+	+	+	+	+	GSe
" <i>marmottani</i>		+							SS
" <i>sefrensis</i>		+							SS
<i>Brenskea varentzovi</i>		+		+			+		GSe
<i>Schizonycha dumonti</i>		+							SS
<i>Cyphonoxia kirscheri</i>		+		+		+			SS
<i>Pachyderes sicardi</i> Peyer. in litt.	+								E
" <i>sp.</i>	+(?)								E
<i>Europteron gracile</i>		+							SS
" <i>confusum</i>		+							SS
<i>Anomala ferruginea</i>		+							SS
" <i>bleusei</i>		+							SS
<i>Dicranoplia deserticola</i>		+							SS
<i>Adoretus epistomalis</i>		+		+		+			SS
<i>Peradoretus koechlini</i>		+							SS
<i>Podalgus reichei</i>		+		+		+			SS
<i>Pentodon bispinosus</i>		+					+		GSe
<i>Heteronychus deserti</i>		+		+		+			SS
<i>Coptognathus lefranci</i>		+							SS
<i>Phyllognathus silenus</i>		+		+		+	+		GSe
<i>Tropinota bleusei</i> *		+							SS
<i>Thyreogonia costata</i>		+							SS
<i>Oxythyrea subcalva</i>		+							SS
<i>Enoplotarsus deserticola</i>		+							SS
" <i>bedeli</i>		+							SS

(1) Voir p. 274.

aux deux régions : *Erodinus graniventrus* Peyer. et *Zophosis carinata ghiliani* Deyr., ce dernier considéré par certains comme espèce propre. Il s'agit par ailleurs de formes à grande répartition qui se rattachent manifestement à des groupes continentaux. Elles atteignent simplement là la limite occidentale de leur aire de répartition.

2. Maroc Sud-Occidental et Mauritanie. — Les renseignements que nous possédons sur la faune des sables littoraux et sub-littoraux de ce secteur ne nous permettent pas d'entreprendre une analyse très détaillée.

Cependant, le tableau XXXIV dans lequel nous avons retenu parmi les Coléoptères Ténébrionides les formes soit observées personnellement au cours de deux brefs voyages au Maroc Sud-Occidental, soit recueillies à notre demande en Mauritanie par B. BONIFACE, J. LEROUX et P. de MIRÉ, de l'Office National Anti-Acridien, nous donne déjà un aperçu utilisable de la faune du littoral atlantique et de ses vicariances.

Il est aisé de voir à ce tableau que, spécifiquement, aucun des éléments cités ne se retrouve au Sahara Nord-Occidental si nous exceptons *Erodinus graniventrus* Peyer. et *Zophosis carinata ghiliani* Deyr., mentionnées plus haut. A l'échelon du genre, par contre, le problème est différent. Des affinités certaines existent ; il nous faudra y revenir.

3. Oranie littorale. — La faune des sables de l'Oranie littorale, sur la Méditerranée, prise approximativement sur le méridien de Béni Abbès, à Aïn el Turck, comprend les Coléoptères Ténébrionides suivants :

Erodiini

Erodinus emondi Sol.

Tentyriini

Pachyla germari haroldi Kr.

Pimeliini

Pimelia arenacea Sol.

Dendarini

Isocerus tunisiensis Strand.

Opatrini

Ammobius rufus Luc.

Crypticini

Crypticus obesus Luc.

» *dactylispinus* Mars.

» *tonsilis* Bed.

Là, aucune comparaison n'est possible avec la faune continen-

taie saharienne, aussi bien au niveau de l'espèce qu'au niveau du genre. On ne doit pas s'étonner de ce fait car l'histoire biogéographique de la Berbérie, excessivement brève, s'oppose par de nombreux côtés à celle du Sahara ainsi que nous l'ont montré récemment : R. FURON (1950, 1951), sous l'angle général; F. BERNARD (1951a), à propos des Fourmis; R. JEANNEL (1956), pour les Coléoptères Psélaphides; M. VACHON (1951, 1952), pour les Scorpions; A. VANDEL (1955) pour les Isopodes terrestres.

4. **Hauts Plateaux occidentaux.** — Toujours sur ce méridien, on peut observer pour le même groupe, dans les sables de la région d'Aïn Sefra (récoltes de R. PESCHET) :

Erodiini

Leptonychus rufipennis Guér.

Erodius bicostatus Sol.

» *antennarius deserticola* Vul.

Zophosini

Zophosis carinata ghiliani Deyr.

Pimeliini

Pimelia angulata lesnei Peyer.

Prionothea coronata Ol.

Opatrini

Ancmia sardoa Géné

» *brevicollis* Woll.

» *submetallica* Raff.

Les quelques renseignements que nous possédons là montrent que cette dernière faune est peu différente de la nôtre. La plupart des formes se retrouvent dans notre secteur. Il s'agit d'un simple prolongement.

Il ressort à ce paragraphe que malgré une certaine analogie de milieu dans la profondeur, sables littoraux et sables continentaux ont chacun dans le Nord-Ouest du désert une faune bien particulière.

Le taux élevé d'endémiques qui apparaît au niveau de l'espèce au Sahara Nord-Occidental dans l'analyse biogéographique de l'élément xérophile principal, les Coléoptères Ténébrionides, est l'indice d'une individualisation déjà ancienne de la faune — et par conséquent du milieu —, points qu'il y a déjà lieu de retenir.

C'est donc au niveau du genre que, compte tenu des divers éléments biogéographiques en présence, devront être décelées les affinités que nous recherchons.

TABLEAU XXXIV

Coléoptères *Tenebrionidae* des sables littoraux et sub-littoraux
du Maroc Sud-Occidental, de Mauritanie et vicariances

MAROC SUD-OCCIDENTAL			MAURITANIE	
1. SOUS		2. DRA	(Régions comprises entre Port-Etienne et St-Louis du S.)	
Sables littoraux	Sables sub-littoraux	Sables littoraux	Sables littoraux	Sables sub-littoraux
ERODINI				
<i>Pseudoscatoporus</i>				<i>Pseudoscatoporus</i> Koch (?) <i>Pseudoscatoporus</i> Koch <i>Pseudoscatoporus</i> Koch
ZOPHOSINI				<i>Lentonychus</i> Hslet Pierre (?) <i>Proctus granitioris</i> Peyer. <i>Zophosis</i> <i>carinata</i> Peyer. <i>Zophosis</i> <i>carinata</i> Peyer. (?)
<i>Pallidus</i>			<i>Pallidus</i> sp.	
EURYCHORINI				<i>Macropsis</i> <i>lanceolata</i> H.-R.
PIMELINI				<i>Pimelia</i> <i>cordata</i> <i>desertiensis</i> Esc.
OPATRINI			<i>Clitobius</i> <i>ovatus</i> Er.	<i>Anesia brevicollis</i> Woll. <i>Caelus</i> sp. n°2 <i>Melania</i> <i>Kaszabi</i> Esp.
TRACHYSCHINI			<i>Caelus</i> sp. n°1 <i>Melania</i> <i>Kaszabi</i> Esp.	
HELOPINI			<i>Crypticus</i> <i>foati</i> Esc.	

2. ÉLÉMENTS BIOGÉOGRAPHIQUES EN PRÉSENCE

(Coléoptères Ténébrionides)

Nous pouvons admettre, dans les grandes lignes, que la faune des Coléoptères Ténébrionides des sables du Nord-Ouest de l'Afrique est issue d'éléments ayant pris naissance :

1° Sur le continent africain.

2° Dans les grands courants de sources asiatiques dont les axes principaux orientés E.-W. s'inscrivent actuellement surtout en latitude de part et d'autre du désert et se superposent dans une certaine mesure, sur sa bordure atlantique.

3° Dans la région bético-rifaine.

Et c'est bien en effet ce qu'indique le tableau XXXV établi d'après les renseignements que nous apportent le récent catalogue de H. GEBIEN (1937-1944) et divers documents biogéographiques¹.

1. Sahara Nord-Occidental

1. *Élément africain.* — Le genre *Foleya*, endémique des ergs du Sahara Nord-Occidental, a cependant un vicariant : le genre *Pies-thognatus* dont la répartition couvre le Grand Erg Oriental. Le groupe ne s'étend ni vers l'Est ni vers le Sud. Les *Leptonychus*, nous l'avons montré (F. PIERRE, 1954), ne dépassent pas vers le Nord les frontières méridionales de la Berbérie et, vers le Sud, une ligne Dakar-Tripoli. Les *Erodus*, par contre, occupent toute l'Afrique Nord-tropicale ne s'étendant qu'à peine en dehors de ce territoire.

Le genre *Zophosis* est principalement distribué dans les différentes régions arides de l'Afrique entière, et ne débord guère les limites du continent.

Les *Anemia*, malgré une légère extension vers l'Asie, peuplent surtout les régions arides ou semi-arides de l'Afrique.

Les genres *Perithrix* et *Amphitrix*, assez voisins l'un de l'autre, sont endémiques : le premier du Sahara Septentrional (sans cependant s'étendre à l'Est en dehors du Grand Erg Oriental), le second du Sahara Nord-Occidental.

Les *Caedius* sont de répartition à peu près mondiale. Il est probable que l'origine en est multiple. Le groupe qui nous intéresse paraît être issu de souches africaines.

2. *Élément asiatique.* — La répartition des *Epitragini* auxquels appartiennent les genres *Cyphostetha*, *Sphenaria* et *Trichosphacna*, s'étend sur trois continents : Afrique, Asie, Amérique. Les trois genres, très différenciés, semblent être de souche asiatique et appar-

(1) Cf. F. PIERRE (1958).

tiennent en fait à un élément bien particulier : l'élément *irano-touranien* de F. S. BODENHEIMER (1938), se retrouvant dans de nombreux groupes et admis par la majorité des biogéographes (A. VANDEL, 1949...).

Les genres *Scelosodis*, *Tentyria*, *Oxycara*, *Ammogiton*, sont des *Tentyriini* dont on peut admettre que la souche, au moins pour les groupes répartis dans la moitié Nord de l'Afrique, est asiatique.

Les genres *Leucolacphus*, *Storhocrnemis*, *Pseudostorhocrnemis*, ont été rattachés par P. de PEYERIMHOFF (1935) à la tribu typiquement asiatique des *Platyopini* (fig. 138). Ces vues ont été confirmées



FIG. 138. — *Storhocrnemis antoinei* Esp.

par E. GRIDELLI (1952). Bien qu'ils diffèrent par quelques côtés des vrais *Platyopini* et que l'ensemble paraisse assez hétérogène, ils peuvent être admis, provisoirement, dans cette tribu.

Les *Pimeliini*, où entrent *Prionothecca*, *Euthriptera*, *Pimelia*, sont originaires d'Asie Centrale.

Eurycaulus, *Gonocephalum* (du groupe de *setulosum*) et *Brachyestes* sont issus de groupes orientaux.

TABLEAU XXXV

**Éléments biogéographiques en présence
dans les sables continentaux du Sahara Nord-Occidental et dans les sables littoraux et sub-littoraux
du Maroc Sud-Occidental, de Mauritanie et d'Oranie (Coléoptères Ténébrionides)**

Sahara Nord-Occidental	Maroc Sud-Occidental (Régions littorales et sub-littorales)	Mauritanie (Régions littorales et sub-littorales)	Oranie (Régions littorales et sub-littorales)
1. Souches africaines			
ERODIINI			
<i>Leptonychus</i>	<i>Arthrodeis</i>	<i>Arthrodeis</i>	<i>Erodus</i>
<i>Foleya</i>	<i>Erodus</i>	<i>Arthrohyalus</i>	
<i>Erodus</i>		<i>Erodus</i>	
ZOPHOSINI			
<i>Zophosis</i>	<i>Zophosis</i>	<i>Zophosis</i>	
EURYCHORINI			
	<i>Machlopsis</i>	<i>Machlopsis</i>	
OPATRINI			
<i>Perithrix</i>	<i>Clitobius</i>	<i>Mateuina</i>	<i>Ammobius</i>
<i>Amphithrix</i>	<i>Anemia</i>	<i>Caedius</i>	
<i>Caedius</i>		<i>Clitobius</i>	
<i>Anemia</i>		<i>Anemia</i>	
TRACHYSCELINI			
	<i>Trachyscelis</i>	<i>Trachyscelis</i>	
CRYPTICINI			
	<i>Crypticus</i>		<i>Crypticus</i>
2. Souches asiatiques			
EPITRAGINI			
<i>Trichosphaena</i>			
<i>Sphenaria</i>			
<i>Cyphostethe</i>			
TENTYRIINI			
<i>Ammogiton</i>	<i>Catomulus</i>	<i>Eulipus</i>	<i>Pachychila</i>
<i>Tentyria</i>	<i>Eulipus</i>		
<i>Scelosodis</i>	<i>Abigopsis</i>		
<i>Oxycara</i>			
PLATYOPINI			
<i>Leucoleaphus</i>			
<i>Storthocnemis</i>			
<i>Pseudostorthocnemis</i>			
PIMELIINI			
<i>Prionothea</i>	<i>Prionothea</i>	<i>Pimelia</i>	<i>Pimelia</i>
<i>Euthripta</i>			
<i>Pimelia</i>	<i>Pimelia</i>		
OPATRINI			
<i>Eurycaulus</i>			
<i>Brachyestes</i>			
HELOPINI			
	<i>Sabularius</i>		
3. Souches bético-rifaines			
PEDININI			
	<i>Moraçacinella</i>		
OPATRINI			
			<i>Isocerus</i>

2. Maroc Sud-Occidental

(Régions littorales et sub-littorales)

1. *Elément africain.* — En plus des *Erodium*, des *Zophosis* et des *Anemia*, déjà mentionnés, nous remarquons dans cette région plusieurs genres particuliers. Les *Arthrodeis* ont une répartition qui couvre exclusivement les zones littorales de la moitié nord du continent africain. Cette répartition s'interrompt cependant tout le long de la côte berbère. Quelques espèces occupent en outre le littoral arabe de la Mer Rouge. Les *Clitobius*, dont la répartition couvre presque toute l'Afrique aride, comptent des formes littorales sabulicoles et des formes continentales détriticoles à tendances holophiles. C'est le cas notamment de *C. oblongiusculus* Fairm. dont le biotope se situe, à Béni Abbès, dans les débris secs accumulés au pied des *Tamarix* se développant dans l'Oued Saoura à proximité des gueltas.

Le curieux genre des *Machlopsis* s'oppose par ses origines aux autres composants de l'élément africain car il appartient à une tribu essentiellement sud-africaine. Il nous faudra d'ailleurs revenir sur cette dualité de l'élément xérophile africain.

Trachyseclis aphodioides Lat. appartient à un groupe de répartition quasi mondiale. Il y a quelques raisons de croire que l'espèce est d'origine africaine.

Les *Crypticus* sont, du moins les espèces représentées ici, de souche africaine.

2. *Elément asiatique.* — Le genre *Catomulus*, bien que typiquement atlantique, peut avoir quelques vicariants sur le continent dans les groupes jalonnant l'axe nord saharien des lignées asiatiques. Il en est de même des *Abigopsis*. Le genre *Eulipus* est connu de la côte atlantique de l'Afrique, de la Mauritanie au Maroc et du littoral méditerranéen en Cyrénaïque. Comme pour les *Arthrodeis*, nous retrouvons en Berbérie un hiatus dans la dispersion de ce dernier genre.

Si la répartition du genre *Prionothecca*, typiquement saharienne (grande répartition saharienne), ne pose guère de problème, il en est tout autrement des *Pimelia*. L'examen des *Pimelia* ne peut être entrepris dans le cadre de cette étude, le genre comprenant plus de deux cents éléments et méritant par ailleurs une sérieuse révision. On peut cependant dire que l'origine s'en situe, sans conteste, en Asie centrale. Le curieux genre des *Sabularius* est voisin des *Catomus* dont le centre de dispersion peut être également situé en Asie centrale.

3. *Elément bético-rifain.* — Le genre *Moragacinella* (= *Moralesia*) est un endémique remarquable du Sud-Ouest du Maroc. Le groupe dont il est issu, bien isolé, a une répartition surtout ibéro-marocaine.

3. Mauritanie

(Régions littorales et sub-littorales)

1. *Elément africain*. — L'élément africain comprend en plus des *Arthrodeis*, des *Erodus*, des *Zophosis*, des *Machlopsis*, des *Caedius*, des *Clitobius* et des *Anemia* sur lesquels nous ne reviendrons pas, le genre *Arthrohyalus*, voisin des *Arthrodeis* et le genre *Mateuina*. Ce dernier, propre à la fois aux sables littoraux, sub-littoraux et continentaux de Mauritanie, est incontestablement issu d'*Opatrini* africains. Le genre est remarquable en tant que chaînon unissant les groupes primitifs de cette tribu aux genres ultraévolués tels que *Perithrix* et *Amphithrix*.

2. *Elément asiatique*. — Il se limite aux *Eulipus* et aux *Pimelia*.

4. Oranie

(Régions littorales et sub-littorales)

1. *Elément africain*. — Aux *Erodus* et aux *Crypticus* s'ajoute peut-être le genre *Ammobius*.

2. *Elément asiatique*. — Nous trouvons, en plus des *Pimelia*, le genre *Pachychila*, qui d'ailleurs ne manifeste que de bien minimes tendances sabulicoles.

3. *Elément bético-rifain*. — Cet élément ne comprend qu'un seul genre, très spécialisé, le genre *Isocerus*.

A ce paragraphe, il apparaît en outre que la faune des sables continentaux est beaucoup plus riche que la faune des sables littoraux. La raison pourrait en être qu'un milieu plus uniforme et aussi considérablement plus limité en extension n'a permis que dans quelques cas la pénétration des éléments asiatiques, déjà très spécialisés et pour ainsi dire « fixés ». La faune des Ténébrionides du Sahara Nord-Occidental doit en effet 16 genres à l'Asie alors que l'Afrique ne lui en a donné que 8. Spécifiquement, les valeurs s'équilibrent cependant : 26 espèces ou sous-espèces pour l'Asie contre 27 pour l'Afrique.

3. AFFINITÉS AU NIVEAU DU GENRE

(Coléoptères Ténébrionides)

Bien qu'il faille encore faire appel à l'hypothèse, nous attirerons l'attention sur quelques affinités qui paraissent rapprocher certains genres du littoral et du continent. Il va de soi que ces affinités seront

plus sensibles dans l'élément autochtone plus anciennement en place.

1. Élément africain

1. *Erodini*. — Si les *Erodium* littoraux et les *Erodium* continentaux semblent issus de phyllums bien distincts, les *Arthrodeis*, par contre, pourraient s'apparenter aux *Leptonychus*.

En Mauritanie, *A. murati* Koch, forme sub-littorale, s'éloigne en effet des autres espèces du genre par son aspect plus étroit et plusieurs autres caractères qui rappellent les *Leptonychus* primitifs : *L. eroidoides* Chevr. et *L. lislei* Pierre, à la fois sub-littoraux et continentaux.

Dans le Nord du désert, trois autres *Leptonychus* : *L. reymondi* Pierre, *L. sabulicola* Chob., du Sahara Nord-Occidental et *L. laevis-termus* Fairm., du Sud tunisien et de Tripolitaine, formes propres aux sables isolés, s'écartent sensiblement du groupe et pourraient être rapprochés des *Arthrodeis*.

2. *Opatrini*. — Les affinités que nous révèle l'étude de ce groupe sont plus sensibles. Le genre *Matcuina* de Mauritanie, bien que déjà très spécialisé, est incontestablement voisin des *Opatrini* non ou peu sabulicoles, de certains *Adarius* (s. str.) par exemple. Il en est de même des *Cadius*. L'un et l'autre de ces genres peuvent se retrouver par vicariance dans les sables du Sahara Nord-Occidental où ils aboutissent à des types considérablement plus évolués : *Perithrix*, *Amphithrix*. Près de ce dernier, subsiste cependant le genre *Cadius*, peu différent spécifiquement des formes littorales.

Les *Anemia*, très ubiquistes, ne permettent aucune remarque.

2. Élément asiatique

1. *Tentyriini*. — Le genre *Eulipus*, des sables littoraux, et le genre *Tentyria*, des sables continentaux surtout, mais parfois aussi des zones côtières, paraissent phylogéniquement voisins. Il en est de même des *Catomulus* et des *Abigopsis*, des sables littoraux et sub-littoraux, et des *Ammogiton*, des sables de l'intérieur du désert ; ces derniers sont cependant issus d'un phylum distinct.

2. *Pimeliini*. — Dans cette tribu, les affinités qui doivent être retenues sont celles qui se remarquent entre les formes littorales et les formes sub-littorales car les espèces continentales sont issues de lignées sans rapport avec les précédentes. C'est ainsi qu'en Mauritanie *Pimelia cordata mackenzici* Esc. a pour vicariant dans les sables sub-littoraux *P. cordata desertorum* Esc.

3. *Opatrini*. — Les *Opatrini* continentaux de souches asiatiques n'ont guère de représentants dans les sables littoraux des régions

étudiées. Néanmoins, les formes primitives des genres *Eurycaulus*, *E. quedenfeldi* Heyd. (H. NORMAND, 1933-1938) et *Brachyestes*, *B. chrysomelinus* Costa (C. KOCH, 1935), se rencontreraient dans les zones littorales de Tunisie et d'Égypte où, par ailleurs, ils paraissent, comme au désert, liés à la fois aux halophytes et aux sables.

S'il peut paraître vraisemblable que dans le peuplement des sables du Sahara Nord-Occidental les sables littoraux soient intervenus en tant que milieu de transition, il faut également retenir que la steppe ou la savane peuvent aussi jouer un rôle. C'est bien ce que semble indiquer dans notre faune l'important contingent de formes ayant pris naissance en Asie dans des conditions qui ne peuvent être actuellement soupçonnées.

4. FACTEURS HISTORIQUES DU PEUPLEMENT

L'opposition foncière des éléments autochtones des faunes érémi-ques africaines de Coléoptères Ténébrionides : *élément nord-africain* d'une part, et *élément sud-africain* d'autre part, peut trouver une explication dans l'isolement durable des souches ancestrales, c'est-à-dire des faunes de grandes forêts, de steppes et de savanes.

Cet isolement peut avoir pour causes : 1°) La permanence et la continuité d'E en W, approximativement au niveau de l'équateur, de la grande forêt. 2°) La configuration du continent africain à une époque géologique déterminée. 3°) La présence d'une aridité plus accentuée dans le Nord de l'Afrique.

La permanence, la continuité d'E en W surtout, de la grande forêt, sont discutées. Pour le botaniste A. CHEVALIER (1948), la forêt serait en place depuis le Tertiaire. Le géologue R. FURON (1948) suppose qu'il s'agissait d'îlots se maintenant dans des régions climatiquement privilégiées. Les entomologistes R. PAULIAN (1947), R. JEANNEL (1949) et C. DELAMARE DEBOUTTEVILLE (1951) inclinent à des vues analogues.

Quels que soient les faits, si cette barrière était seule en cause dans le problème qui nous occupe, l'analogie de peuplement dans les deux parties du continent serait perceptible; il y aurait continuité des souches. Or il n'en est rien et c'est aussi un peu l'opinion de C. KOCH (1955) dans une étude sur la faune entomologique du Namib en Afrique du Sud.

La structure du continent africain pendant le Crétacé supérieur, scindé durablement en deux régions distinctes par la puissante « transgression crétacée » atteignant à ce moment son paroxysme (de l'Albien supérieur au Danien) — la région du Hoggar se trouvant en outre isolée en une troisième région mais pendant un temps bien plus bref — (selon H. et G. TERMIER, 1952), constitue un point pouvant être retenu (fig. 139); d'autant plus que les aires de répartition de nos deux éléments cadrent — très approximativement — avec ce dé-

coupage. La faune du Soudan, et même celle des secteurs avoisinant le Tchad, compte un nombre important d'éléments sud-africains bien caractérisés (*Psammodes*, *Phrynocolus Eurychorini*...), alors que ceux-ci sont plus rares à l'Ouest.

Ce serait donc à cette époque que se situerait le début de l'histoire des faunes¹ et, là, nous serions en plein accord avec les vues du savant entomologiste P. de PEYERIMHOFF (1948) qui estime qu'au niveau du genre la faune saharienne était déjà très différenciée au début du Tertiaire et peut-être même dès la fin du Secondaire.

Une hypothèse de cet ordre est également suggérée par M. VACHON (1951, 1952) à propos des Scorpions.



FIG. 139. — Le continent africain au Crétacé supérieur, d'après H. et G. TERMIER (1952).

Néanmoins, la pérennité du désert nord-africain apporterait sans doute une explication meilleure des répartitions actuelles (fig. 140)².

1. Climats successifs et histoires des sables

1. *Crétacé supérieur*. — Selon R. FURON (1948), une aridité indiscutable est indiquée au Sahara Nord-Occidental pendant le Crétacé supérieur par des dépôts de 800 mètres de formations salifères (dont 500 mètres de sel gemme et d'anhydrite).

(1) La présence d'un *Crypticus* fossile (Ténéb.) dans les marnes oligocènes des potasses d'Alsace, parfaitement comparable aux formes actuelles, est un fait qu'il importe de mentionner ici.

(2) Voir en outre note 2, p. 285.

Ce sont là les premiers témoignages certains de l'aridité dans cette région. Cependant, rien ne prouve qu'il s'agisse du début du régime. En effet, plus bas, suivant cet auteur, les traces d'un climat sec et chaud peuvent être entrevues. N. MENCHIKOFF (1949) pense cependant qu'en ce qui concerne cette dernière période il faut se garder de conclusions hâtives.

2. *Nummulitique*. — Pendant la première moitié du Tertiaire, toujours selon R. FURON (*loc. cit.*), des formations lacustres (grands lacs peu profonds) indiqueraient un climat chaud et humide. Ce régime se poursuivrait tout le long du Tertiaire.

H. ALIMEN et *alt.* (1952) ont retracé, à partir de la seconde moitié du Tertiaire (Miocène), l'histoire du Sahara Nord-Occidental d'une



FIG. 140. — Limite septentrionale de l'aire de répartition d'un groupe de Ténébrionides typiquement sud-africains : les *Molurini* (en grisé). En trait fort, successivement du Nord au Sud : limite méridionale du désert (égal coefficient $D=10$); limite méridionale des régions arides dans le Nord de l'Afrique (égal coefficient $D=100$).

façon très intéressante pour nous, puisqu'elle nous fait assister à la naissance des principales formations sableuses et nous permet de les suivre au cours des différentes phases climatiques, dont le caractère est indiqué par les traces laissées sur les modelés successifs. On note ainsi :

3. *Néogène*. — 1) Au Miocène, un premier *aride* est indiqué par des sédiments en partie éoliens; il est probablement précédé d'un pluvial¹, pendant lequel se seraient formées les hamadas les plus

(1) Douteux cependant; il se situerait à l'Aquitanien.

septentrional. 2) Au Pliocène, un *grand pluvial*, contemporain de la Hamada du Guir et du substrat du Grand Erg Occidental, auquel succède un *aride*, dont témoignerait la « carapace hamadienne », coïncidant avec la formation des soubassements du Grand Erg, des sables gris ou jaunes.

4. Quaternaire. — Le climat se précise ainsi :

a. Quaternaire ancien. — 1) Un premier *pluvial*, indiqué par une érosion intense des piedmonts des Djebels d'Ougarta (érosion plus faible sur la Hamada du Guir) et des dépôts lacustres, par place, sur le substrat du Grand Erg. 2) Un premier *aride*, indiqué par des nappes gypseuses et des conglomérats à ciment gypseux et coïncidant avec les premières formations éoliennes du Grand Erg. 3) Un « retour pluvial ». 4) Un second *aride*, duquel résultent des regs par « éclatement » des carapaces des hamadas et une coloration rouge des sables de l'erg.

b. Quaternaire moyen. — 1) Un second *pluvial*, avec lequel coïncide la formation des petits ergs et, par ailleurs, nullement incompatible avec le maintien du Grand Erg, bien que le réseau hydrographique soit en activité. 2) Un troisième *aride*, pendant lequel s'achève l'édification du Grand Erg. 3) Un « retour de l'humidité », où l'on observe de nouveau l'éclatement des carapaces en regs et une coloration ocre-rouge des sables. 4) Une « première phase humide à deux épisodes » coïncidant avec des remaniements d'ergs. 5) Un quatrième *aride* (ou semi-aride), n'imposant pas de modifications sensibles aux ergs qui ont atteint leur aspect actuel pendant la phase précédente.

c. Quaternaire récent. — 1) Une deuxième phase humide. 2) Un climat tempéré.

5. *Temps actuels.* — Un cinquième *aride* qui, selon H. ALMEN, subirait encore cependant « des conditions héritées du dernier pluvial ». *De nos jours, l'aridité irait donc s'intensifiant.*

Une première remarque est nécessaire. La plupart des périodes humides ainsi décelées ne se montrent nullement incompatibles avec la *permanence* des ergs.

Si loin que nous puissions remonter dans l'histoire climatique du Sahara Nord-Occidental, rien n'indique qu'il y ait eu là autre chose qu'un régime aride, tout au plus atténué par de brefs épisodes humides sur lesquels il y a lieu de ne pas se méprendre.

1° La formation de lacs peu profonds s'observe encore actuellement même dans les régions considérées comme les plus arides du globe : dans l'Erg Chech et dans l'Erg Iguidi central (pl. XV, phot. 2) ¹.

(1) Une région de l'Iguidi central porte même le nom de Ouahila, ce qui, littéralement, signifie : la région où l'on s'embourbe (Lt. PIGEOT, 1929).

2° Une forte pluie couvrant même partiellement la hamada du Guir met en crue la Saoura sur une partie de son cours (Part. I, ch. I).

3° Enfin, il y a les eaux extra-sahariennes qui jouent actuellement un si grand rôle dans la vie du désert¹.

La permanence du Nil ne s'oppose en rien à l'aridité de l'Egypte.

2. Structures continentales successives et individualisation des faunes

L'étude des cartes paléogéographiques de H. et G. TERMIER (1952) montre que pendant la fin du Crétacé et le début du Tertiaire, le Nord-Ouest du continent africain est formé d'une large presqu'île occupant approximativement l'emplacement actuel du Sahara Nord-Occidental (fig. 139).

Nous pouvons remarquer que cette région coïncide avec l'aire de répartition des éléments les plus spécialisés de notre faune ainsi que d'ailleurs, plus tard (Miocène supérieur), la ligne de rivage orientée sensiblement Ouest-Est, allant du Sous, au Maroc, au Golfe de Gabès, en Tunisie. Cette ligne est jalonnée actuellement par quelques formes qui, ainsi que nous l'avons vu, peuvent être admises en tant qu'homologue de celles qui peuplent actuellement les sables littoraux aux deux extrémités de cette ligne.

Quant à l'individualisation des grands massifs dunaires, l'endémisme extrêmement restreint que nous y avons noté (Part. II, ch. I) s'accorde parfaitement avec la mise en place récente (Quaternaire ancien) que note H. ALIMEN et *alt.* (1952).

Enfin, en ce qui concerne la différence tout à fait sensible qui s'observe entre la faune des sables occidentaux : Grand Erg Occidental, Erg er Raoui, Erg Iguidi, Erg Chech et autres sables, et celle des sables orientaux — d'après ce que nous en savons — : Grand Erg Oriental et formations secondaires, les causes peuvent être recherchées également dans la configuration des terres au début du Tertiaire et aussi dans les conditions éoclimatiques² qui en résultent.

A cette époque, en effet, le « Golfe de Gabès » pénétrait plus profondément, isolant ainsi le territoire occupé par le Grand Erg Occidental. Les cartes paléogéographiques de J. FLANDRIN (1948) sont très éloquentes à ce sujet.

(1) Dans une toute récente étude, R. JEANNEL (1956) constate en analysant la faune des Coléoptères Psélaphides de l'Afrique du Nord, groupe essentiellement hygrophile, que bien peu de formes d'origine africaine se retrouvent parmi les composants de cette faune. L'auteur en conclut que seule la permanence du désert peut expliquer ce fait.

(2) C. LERÈDDE (1957), après C. KILIAN (1925), attache, en ce qui concerne la pénétration vers le Sud de la végétation méditerranéenne, une certaine importance à ces modifications climatiques.

Voir aussi A. PONS et P. QUÉZEL (1956).

On a encore attiré l'attention sur le rôle climatique qu'auraient pu avoir au Sahara les glaciations pendant le Quaternaire, bien que dans le Nord de l'Afrique elles n'aient laissé que des traces discutables (H. ALIMEN, 1955). Mais, si l'on peut admettre que par une action à distance, elles aient modifiés les conditions de température et qu'elles soient à l'origine de certains mouvements de faune, il n'est cependant pas prouvé que sous leur influence le régime des précipitations se soit accru notablement.

Pour résumer ce dernier paragraphe, nous noterons, qu'à l'inverse de la Berbérie, aucune modification profonde, que ce soit d'ordre climatique ou bien d'ordre géographique, n'atteint dans les grandes lignes le Sahara Nord-Occidental.

Sur le plan biogéographique, l'arrivée des faunes asiatiques constitue un point important de l'histoire du peuplement. Elle ne peut malheureusement être datée. Nous rappellerons simplement que les géologues C. ARAMBOURG (1951), R. FURON (1951 *a*) et H. et G. TERMIER (1952) s'accordent à situer l'invasion des faunes de Vertébrés des savanes asiatiques de la fin du Tertiaire (Miocène supérieur ou Pliocène) au début du Quaternaire, mais qu'une communication avec le Nord de l'Inde a également existé au commencement du Tertiaire (Montien, H. et G. TERMIER, *loc. cit.*).

*
**

Il semble donc que l'on puisse conclure que la faune sabulicole du Sahara Nord-Occidental doit son originalité, d'une part, à un apport massif de formes asiatiques déjà très spécialisées et, d'autre part, à un élément autochtone dont le caractère si accentué ne peut être que le reflet de conditions écologiques bien particulières et d'une grande stabilité.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

DE LA DEUXIÈME PARTIE

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les sabulicoles interviennent toujours pour une très grande part dans le peuplement entomologique du désert. Au Sahara Nord-Occidental, sur environ huit cents éléments que comprend ce peuplement, plus de deux cents sont liés, à des degrés variés, aux sables vifs.

La plupart des ordres d'Insectes ont dans ces sables des représentants; mais ce sont surtout des Coléoptères : Ténébrionides, Scarabéides, Histiérides, et des Dictyoptères : Corydiides, qui forment le contingent quantitativement et qualitativement le plus important.

Ecologiquement, en fonction des propriétés physiques du milieu, de sa *granulométrie* notamment qui régit l'essentiel de ces propriétés, deux faunes bien distinctes se trouvent en présence : 1) La *faune des grands massifs dunaires*. 2) La *faune des sables isolés*. La granulométrie des sables qui forment la dune dans les grands massifs dunaires accuse toujours, en effet, une « *phase sable* » appréciable, c'est-à-dire une certaine quantité d'éléments relativement grossiers, par rapport à celle des sables isolés, dunes et ensablements légers, où cette phase est peu importante ou nulle, les sables de ces derniers faciès n'étant constitués le plus souvent que d'une « *phase sablon* », où les matériaux sont excessivement fins.

Dans chacune de ces faunes, le fait est surtout sensible dans les grands massifs dunaires, en fonction de la teneur en eau du milieu, deux éléments de composition bien différente s'opposent : 1) Un *élément essentiellement xérophile*, où entrent les formes les plus spécialisées et dont le biotope se situe, quel que soit le stade, dans la couche supérieure du sable, totalement privée d'eau d'imbibition, mais où l'atmosphère interne atteint souvent un degré hygrométrique élevé, même très près de la surface. 2) Un *élément essentiellement hygrophile*, moins spécialisé que le précédent, dont le développement, au moins pendant les premiers stades, s'accomplit dans la profondeur du sable, au niveau de la couche ou des noyaux humides dont la teneur en eau d'imbibition est toujours très appréciable.

Certains caractères biologiques donnent à cette faune un aspect bien particulier :

Les *particularités morphologiques*, qui marquent sans exception tous les sabulicoles, atteignent surtout les pattes et les appareils sensillaires. Elles apparaissent comme autant d'*hypertrophies* résul-

tant de deux tendances évolutives générales qui peuvent être soit un étirement, soit une compression, sans cependant que pour un élément déterminé l'une ou l'autre de ces orientations soit exclusive et ne s'écarte foncièrement de la ligne évolutive du groupe. Parfois, ces particularités deviennent excessives et constituent alors de réelles hypertélies. Dans quelques cas, la spécialisation des sabulicoles ne le cède en rien à celle des cavernicoles les plus évolués.

Des *particularités physiologiques*, telles qu'une grande résistance au jeûne et une certaine résistance à la dessiccation, caractérisent également la plupart des formes qui composent l'élément xérophile. Mais, par contre, ces Insectes *ne peuvent admettre les températures élevées* qui règnent à la surface du sable pendant l'heure chaude. Ils s'y dérobent en s'enterrant plus ou moins profondément. L'optimum thermique est ainsi rapidement atteint, même à une faible profondeur.

Quelques espèces dont l'*optimum thermique est d'emblée élevé* acceptent cependant ces conditions écologiques excessivement sévères. Un revêtement clair, une certaine inertie thermique des sensilles et du tégument au niveau des tarses, une grande vivacité de mouvements, une orientation par rapport au soleil et surtout une *pseudo-régulation* interviennent pour que la température interne du corps puisse être maintenue quelques degrés au-dessous du point léthal supérieur, lequel est voisin de 50°C chez les espèces étudiées. Cette pseudo-régulation paraît être la conséquence d'une simple perte d'eau par évaporation puisqu'elle est proportionnelle à l'élévation de la température ambiante. Dans l'ensemble, les régimes alimentaires ne diffèrent pas sensiblement, à la base, de ce qui peut être observé dans d'autres régions pour des groupes analogues.

Une *particularité éthologique* excessivement importante, le *fouissement*, marque encore la faune entomologique du sable. Suivant les *techniques* employées et les *architectures* qui en résultent, trois types fouisseurs assez nets peuvent être distingués : 1) Les *fouisseurs vrais*, dont la progression dans la masse sableuse ne donne lieu à aucune architecture. 2) Les *mineurs*, qui creusent un terrier. 3) Les *excavateurs*, qui déblaient une cavité peu profonde et largement ouverte vers le haut.

La marche, le vol, offrent aussi parfois quelques particularités.

Si certains sabulicoles parmi les plus spécialisés n'ont pas de période d'apparition très précise d'autres, par contre, obéissent à un rythme bien déterminé. Il est possible de concevoir au cours de l'année quatre phases saisonnières : 1) Une *phase prévernale*, débutant tôt dans l'année et nettement caractérisée par la présence d'éléments spéciaux. 2) Une *phase vernale*. 3) Une *phase estivale*, non seulement marquée par l'activité intense des nocturnes, mais encore par celle de quelques diurnes. 4) Une *phase post-estivale*, également bien nette. A ce rythme saisonnier se superpose un rythme quotidien paraissant régi à la fois par des facteurs internes et des facteurs externes.

Aucun cas de mimétisme ne se remarque sur les sables, alors que sur les autres faciès du désert ses manifestations sont phénomènes courants.

Les groupements qui peuvent être entrevus sont de deux ordres : 1) Des *cohortes*, rassemblements durables résultant uniquement de réactions analogues vis à vis du milieu (*errants, satellites, sédentaires*). 2) Des *biocénoses*, dont les éléments sont directement ou indirectement interdépendants. De nombreux prédateurs interviennent encore dans l'équilibre de ces groupements.

Il est bien évident que, par ailleurs, une faune aussi riche et aussi dense que celle qui se remarque parfois au pied de certains végétaux ne peut manquer d'avoir, associée aux micro-organismes, un rôle important dans l'humification du sol, toujours si particulière en région aride.

La question se pose enfin de savoir quelles sont les *origines* de cette faune, à la fois sur le plan écologique et sur le plan géographique.

Sur le *plan écologique*, il est possible d'admettre que les sables littoraux et sublittoraux, les sables de savanes et de steppes, milieux analogues mais considérablement moins âpres que les sables du désert, ont eu pour l'élément autochtone, en tant que milieux de transition ou de milieux refuges, un rôle important au cours des alternances climatiques. En effet, nous savons que si l'aridité a pu être atténuée par des périodes humides, qui à vrai dire ne paraissent pas avoir eu dans le Nord du Sahara une ampleur très considérable, elle peut également avoir été plus intense à certains moments. Ce serait là le témoignage d'une faune aussi individualisée et aussi spécialisée dans son élément autochtone que celle de nos sables, reflet de conditions écologiques relativement stables et durables et, par tant, assez comparables à celles qui règnent de nos jours.

Sur le *plan biogéographique*, l'arrivée, probablement récente, de l'élément asiatique constitue un événement historique d'une grande importance puisque celui-ci intervient à part égale avec l'élément autochtone dans le peuplement entomologique des sables du Sahara Nord-Occidental.

PRINCIPAUX TERMES LOCAUX

La signification des termes mentionnés ci-dessous s'accorde dans l'ensemble avec ce qui a été noté pour des secteurs voisins par R. CAPOT-REY (1953), R. MAIRE (1933-1940), T. MONOD (1941) et L. TRABUT (1935). À l'exemple de T. MONOD, j'adopterai pour ces termes les règles françaises d'accord que l'usage leur attribue finalement. Afin de ne pas compliquer inutilement ce texte par l'emploi de vocables issus des multiples dialectes sahariens, je ne citerai que les termes géographiques d'un emploi courant en régions sahariennes du Nord-Ouest ainsi que les noms vernaculaires des principaux végétaux en contact avec le sable et pouvant être utiles sur le terrain.

1. PRINCIPAUX TERMES GÉOGRAPHIQUES

Acheb. — Végétation se développant après la pluie.

Barkane. — Dune en forme de croissant : peut prendre ici le sens de dune isolée.

Daya. — Dépression à la surface d'une plaine ou d'un plateau caillouteux et dont le fond est occupé par un sol sableux, perméable aux eaux qui se rassemblent en ce point, dans la profondeur, après la pluie. Une végétation, parfois importante, se développe dans ces sols relativement fertiles.

Djebel. — Montagne, dans le sens de rochers, d'escarpements.

Erg. — Massif dunaire de toute dimension.

Fechfech. - - Matériau pulvérulent et peu cohérent, recouvert d'une croûte rigide cédant sous les pas, qui apparaît parfois dans certaines dépressions de terrain.

Foggara. — Galerie souterraine de captage dans la couche aquifère.

Gara. — Butte-témoin à sommet plat, résultant de l'érosion d'un relief sédimentaire.

Guelta. - - Mare plus ou moins permanente, située le plus souvent sur un oued à sous-écoulement.

Hassi. — Puits plus ou moins profond.

Hamada. — 1) Sens topographique : immense plateau horizontal formé de roches calcaires compactes (gréseuses dans d'autres régions) dont la surface est encombrée de débris de dimensions variées. 2) Sens géologique : formation calcaire d'âge indéterminé, particulièrement bien représentée dans le Nord-Ouest du Sahara.

Ksar. — Village.

Mahjen. — Bassin d'irrigation généralement peu profond.

- Nebka.** — Butte de sable au pied d'un végétal, d'un cailloux.
Oglat. — Puisard peu profond.
Oued. — Cours d'eau temporaire et le lit à sec de celui-ci, pouvant être parfois un simple ravinement.
Reg. — Plaine ou plateau, parfaitement unie, formé de graviers, d'arènes, de galets, liés de sables, de limons, d'argiles.
Sebkha. — Dépression de grande dimension à sol généralement salé, où se rassemblent des eaux de ruissellement.
Seguia. — Canal d'irrigation peu profond.
Sif. — Crête, arête vive de la dune (synonyme de sabre).
Taïert. — Région interdunaire dans l'erg, caillouteux (reg) ou rocheux (hamada), plus ou moins étendue.
Tanezrouft. — Hyperdésert, région sans eau ni végétation et, en outre, nom d'une grande région du Sahara Central répondant à cette définition.

2. NOMS VERNACULAIRES DES PRINCIPAUX VÉGÉTAUX EN CONTACT AVEC LE SABLE

- Agaya.** — *Zygophyllum album* L.
Allenda. — *Ephedra alata* Dec.
Arta. — *Calligonum comosum* L'Hér.
Azel. — *Calligonum azel* Maire.
Damrann. — *Traganum nudatum* Del.
Danoun. — *Cistanche Phelypaea* L. : désigne les Orobranches en général.
Drinn. — *Aristida pungens* Desf.
Etel. — *Tamarix aphylla* L. : d'une façon générale, tous les *Tamarix* arborescents répondent à ce terme. Peuplement : tlaïa.
Fersig. — *Tamarix gallica* L. : d'une façon générale, tous les *Tamarix* buissonnants sont ainsi désignés.
Haad. — *Cornulaca monacantha* Del.
Kidann. — *Catananche arenaria* Coss. et Dur.
Kseib. — *Phragmites communis* Trin.
Moulbina. — *Euphorbia Guyoniana* Boiss. et Reut. : d'une façon générale, les Euphorbes, les plantes à latex, sont désignées par ce mot.
Merkh. — *Genista Saharac* Coss.
Nekhla. — *Phoenix dactylifera* L.
Ptima. — *Hyoscyamus muticus* ssp. *falezlez* Coss.
Rbia. — *Danthonia Forskahlei* Vahl.
Rtem. — *Retama raetam* Webb.
Terfess. — *Terfezia* sp. diverses.
Zilla. — *Zilla macroptera* Coss. et Dur.
Zita. — *Limoniastrum Guyonianum* Coss. et Dur.

BIBLIOGRAPHIE

- 1955 ALIMEN (H.). — *Préhistoire de l'Afrique*, 1 vol., 576 p., 11 tabl., 26 pl. Boubée, édit. Paris.
- 1952 ALIMEN (H.), LEMAITRE (D.), MENCHIKOFF (N.), PETER (G.), POUEYTO (A.). — Les Chaînes d'Ougarta et la Saoura. *19^e Cong. Géol. Internat.*, Monogr. Reg. 1^e s. Algérie, n° 15, 119 p., 1 tabl., 26 fig., 7 pl.
- 1949 ALLEE (W. C.), EMERSON (A. E.), PARK (O.), PARK (T.), SCHMIDT (K. P.). — Principles of animal ecology, 1 vol., 12-837 p., 263 fig., 1 pl., Saunders Cie, édit. Philadelphie et Londres.
- 1953 ANGELIER (E.). — Recherches écologiques et biogéographiques sur la faune des sables submergés. *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 90, p. 37-161, 4 tabl., 36 fig.
- 1951 ARAMBOURG (C.). — La succession des faunes mammalogiques en Afrique du Nord au cours du Tertiaire et du Quaternaire. *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 28, p. 49-56.
- 1957 ARDÖ (P.). — Studies in the marine shore dune ecosystem with special reference to the Dipterous fauna. *Opusc. Ent. Suppl.*, 14, 255 p., 82 fig.
- 1957 ARIS (R.). — La nappe phréatique du Souf (Région d'El Oued) Algérie. — I. Application de la théorie de la succion à l'étude des échanges d'eau entre une nappe libre et l'atmosphère. Précédé d'une introduction de Georges DROUHIN. *Terres et Eaux*, n° 29, p. 4-10.
- 1955 AUBER (J.). — Liste des Névroptères Planipiennes du Sahara Nord-Occidental. *Rev. Fr. Ent.*, 22, p. 53-58.
- 1932 BALACHOWSKY (A.). — Etude biologique des Coccides du Bassin occidental de la Méditerranée. *Encycl. Ent.*, 15, 214-71 p., 46 fig., 14 cartes.
- 1939 BELLAIR (P.). — Sur la composition minéralogique des sables du Grand Erg Occidental. *C. R. som. Séances Soc. Géol. Fr.*, p. 212-214.
- 1940 BELLAIR (P.). — Les sables de la Dorsale saharienne et du Bassin de l'Oued Rhir. *Bull. Serv. Carte Géol. Alg.*, 5^e s., n° 5, p. 1-80, 4 tabl., 1 fig., 5-2 pl., 1 carte.
- 1942 BELLAIR (P.). — Etude granulométrique de quelques formations arénacées du Gourara et de la Saoura. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 32, p. 191-196, 2 fig.

- 1935 BERGOLD (G.). — Die Ausbildung der Stigmen bei Coleopteren verschiedener Biotope. *Zeitch. Morph. Oekol. Tiere*, 29, p. 511-526, 5 tabl., 9 fig.
- 1949 BERLAND (L.). — De Dakar au Maroc par le Sahara Occidental; remarques biogéographiques. *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 26, p. 6-10.
- 1950 BERLAND (L.). — Chasses entomologiques en Mauritanie. *L'Entomologiste*, 6, p. 123-128.
- 1948 BERNARD (F.). — Les Insectes sociaux du Fezzan. *Mission Scient. Fezzan*, 5, p. 85-201, 10 fig., 2 pl. (Pub. Inst. Rech. Sahar. Alger.).
- 1951 BERNARD (F.). — Adaptations au milieu chez les Fourmis sahariennes. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 86, p. 88-96.
- 1951a BERNARD (F.). — Types de répartition de la faune terrestre nord-africaine. *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 28, p. 74-79.
- 1953 BERNARD (F.). — Les Fourmis du Tassili des Ajjer. *Mission Scient. Tassili Ajjer*, 1, p. 121-250, 4 tabl., 16 fig., 6 pl. (Pub. Inst. Rech. Sahar. Alger.).
- 1954 BERNARD (F.). — Rôle des Insectes sociaux dans les terrains du Sahara. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, 12, fasc. 2, p. 29-39, tabl., 2 pl.
- 1954 BERNARD (F.). — Rôle des Insectes sociaux dans les terrains du Sahara. *Biology of Deserts* (Proc. Symp. Biol. Hot Cold Deserts, Inst. Biol. London), p. 104-111, tabl.
- 1931 BODENHEIMER (F. S.). — Über die Temperaturabhängigkeit der Insekten. — II. Die Beziehungen der Vorzugstemperatur zur Luftfeuchtigkeit der Umgebung. *Zeitch. Vergl. Physiol.*, 13, p. 740-747.
- 1932 BODENHEIMER (F. S.). — Über Luftfeuchtigkeit der Umgebung, Gewichtsverlust und Lebensdauer. *Zool. Anz.*, 88, p. 313-317, 2 tabl., 3 fig.
- 1934-1935 BODENHEIMER (F. S.). — Über die Temperaturabhängigkeiten der Insekten. — IV. Über die Körpertemperatur der Insekten. *Zool. Jahrb. Abt. Syst. Ökol. Geogr. Tiere*, 66, p. 113-151, tabl., 13 fig.
- 1935 BODENHEIMER (F. S.). — Animal life in Palestine, 1 vol., 506 p., tabl., 77 fig., 70 pl. Mayer, édit. Jerusalem.
- 1938 BODENHEIMER (F. S.). — On the presence of an irano-turanian relie Fauna in North Africa. *Mém. Soc. Biogéogr.*, 6, p. 67-79.
- 1953 BODENHEIMER (F. S.). — Problems of Animal Ecology and Physiology in Deserts. *Desert Res. Proc. Internat. Symp. Jérusalem. Special Pub. Res. Counc. Israël*, n° 2, p. 205-229, tabl., 10 fig.

- 1955 BODENHEIMER (F. S.). — Précis d'Ecologie animale. Trad. J. THÉODORIDÈS, 1 vol., 315 p., 18 tabl., 31 fig., Payot, édit. Paris.
- 1956 BONADONA (P.). — Anthicides recueillis par F. Pierre dans le Sahara algérien. *Rev. Fr. Ent.*, 23, p. 116-120, 11 fig.
- 1928 BOURCART (J.). — L'action du vent à la surface de la terre. *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, 1, p. 24-54, pl. 1-7, p. 194-265, 26 fig., pl. 1-4; ou : 1 vol., 104 p., 26 fig., 12 pl. Presses Universitaires de France, édit. Paris.
- 1941 BOURCART (J.). — Essai d'une classification raisonnée des matériaux meubles. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5^e s., 11, p. 117-153, 10 fig.
- 1955 BOYER (P.). — Premières études pédologiques et bactériologiques des termitières. *C. R. Ac. Sc.*, 240, p. 569-571.
- 1943 BRAJNIKOV (B.), FRANCIS-BŒUF (C.), ROMANOVSKY (V.). — Techniques d'études des sédiments et des eaux qui leur sont associées. *Actual. Scient. Ind.*, n° 592, 110 p., tabl., 20 fig.
- 1923 BUXTON (P. A.). — Animal life in deserts, 1 vol., 7-176 p., tabl., 43 fig. dont pl. Arnold édit., Londres.
- 1924 BUXTON (P. A.). — Habits of some Tenebrionid beetles. *Ent. Month. Mag.* (3^e s.), 10, p. 3-7.
- 1924a BUXTON (P. A.). — Heat, moisture and animal life in deserts. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, s. B, 96, p. 123-131, tabl., 3 fig.
- 1930 BUXTON (P. A.). — Evaporation from the Mealworm (*Tenebrio : Coleoptera*) and atmospheric humidity. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, s. B, 106, p. 560-577, tabl., 8 fig.
- 1932 BUXTON (P. A.). — Terrestrial Insects and the humidity of their environment. *Biol. Rev. Biol. Proc. Camb. Phil. Soc.*, 7, p. 275-320, 3 tabl., 4 fig.
- 1943 CAPOT-REY (R.). — La morphologie de l'Erg Occidental. *Trav. Inst. Rech. Sahara*, 2, p. 69-104, 5 fig., 3 pl.
- 1948 CAPOT-REY (R. et F.). — Le déplacement des sables éoliens et la formation des dunes désertiques. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, 5, p. 47-80, 6 fig., 2 pl.
- 1951 CAPOT-REY (R.). — Une carte de l'indice d'aridité au Sahara français. *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, n° 216, p. 73-76.
- 1952 CAPOT-REY (R.). — Les limites du Sahara français. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, 8, p. 23-48, 2 fig.
- 1953 CAPOT-REY (R.). — Le Sahara français, 1 vol., 7-564 p., 22 fig., 12 pl., 8 cartes. Presses Universitaires de France, édit. Paris.
- 1951 CASPERS (H.). — Biozönotische Untersuchungen über die Strandarthrofoden im bulgarischen Küstenbereich des Schwarzen Meeres. *Hydrobiologia*, 3, p. 131-193, 15 fig.

- 1931 CHAPMAN (R. N.). — Animal ecology. 1 vol., 464 p., tabl., 137-16 fig., Mac. Graw. Hill, édit. New York et Londres.
- 1926 CHAPMAN (R. N.), MICKEL (C. E.), PARKER (Y. R.), MILLER (G. E.), KELLY (E. G.). — Studies in the ecology of sand dune Insects. *Ecology*, 7, p. 416-426, 4 tabl., 2 fig.
- 1941 CHAUVIN (R.). — Sur le fousissement chez les larves de Cétoines. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 46, p. 126-128.
- 1949 CHAUVIN (R.). — Physiologie de l'Insecte. 1 vol., 619 p., tabl., 83 fig., Inst. Nat. Rech. Agr., édit. Paris.
- 1946 CHAUVIN (R.), D'AGUILAR (J.). — Les données récentes de la microclimatologie et leur importance en écologie entomologique. *Année Biol.*, 22, p. 165-195, 12 fig.
- 1948 CHEVALIER (A.). — L'origine de la forêt de la Côte d'Ivoire. *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 25, p. 40-45.
- 1935 CHOPARD (L.). — Notes sur quelques Insectes du Sud algérien. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 26, p. 118-119.
- 1936 CHOPARD (L.). — La larve de l'*Anthia sexmaculata* F. (Col. Carabidae). *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 41, p. 168-173, 2 fig.
- 1938 CHOPARD (L.). — La biologie des Orthoptères. *Encycl. Ent.*, 20, 541 p., 453 fig., 4 pl., pl. front.
- 1943 CHOPARD (L.). — Orthoptéroïdes de l'Afrique du Nord. *Faune Emp. Fr.*, 1, 450 p., 658 fig.
- 1949 CHOPARD (L.). — Le mimétisme. 1 vol., 335 p., 100 fig. Payot, édit. Paris.
- 1950 CHOPARD (L.). — Contribution à l'étude de l'Aïr. Orthoptéroïdes. *Mém. Inst. Fr. Afr. Noire*, 10, p. 127-145, 2 fig.
- 1954 CHOPARD (L.). — Orthoptéroïdes de la région de Béni Abbès. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 59, p. 10-13.
- 1955 CHOPARD (L.). — Contribution à l'étude du peuplement de la Mauritanie. Une espèce nouvelle d'Erémiophile provenant du Djouf (avec une note de F. MONOD et coll.). *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire*, s. A, 17, p. 1034-1040, 3 fig.
- 1939 CLEMENTS (F. E.), SHELFORD (V. E.). — Bio-ecology. 1 vol., 6425 p., 13 tabl., 85 fig., J. Wiley et Sons, édit. New York; Chapman et Hall, édit. Londres.
- 1956 CLOUDSLEY-THOMPSON (S. L.). — Studies in diurnal rhythms. — VI. Bioclimatic observations in Tunisia and their significance in relation to the physiology of the fauna especially voolice, centipedes, scorpions and beetles. *Ann. Mag. Nat. Hist.*, 9, p. 305-329, 9 tabl., 5 fig., pl. 4-7.
- 1926 COMIGNAN (J.). — Contribution à l'étude du déterminisme du fousissement chez quelques Arthropodes. *C. R. Soc. Biol.*, 95, p. 293-294.

- 1927 COMIGNAN (J.). — Sur le mécanisme du foussement chez les Arthropodes. *C. R. Soc. Biol.*, 96, p. 1271-1273.
- 1928 COMIGNAN (J.). — Etude du foussement des Scarabées en rapport avec leur activité générale. *C. R. Soc. Biol.*, 98, p. 1410-1412.
- 1950 CONDÉ (B.), PAGÈS (J.). — Un Japygidé nouveau d'Algérie. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 55, p. 73-76, fig.
- 1952 CORNET (A.). — Essai sur l'hydrogéologie du Grand Erg Occidental et des régions limitrophes. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, 8, p. 71-122, 18 fig., 1 carte.
- 1926 CROS (A.). — *Zonabris impressa* Chevrolat. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 6, p. 42-55, pl. 4-6.
- 1953 CVIJANOVICH (G.). — Sur le rôle des dunes en relation avec le système hydrologique de la nappe souterraine du Grand Erg. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, 9, p. 131-136, 3 fig.
- 1946 DEKEYSER (P. L.), VILLIERS (A.). — Contribution à l'étude du peuplement de la Mauritanie. Notations écologiques et biogéographiques sur la faune de l'Adrar. *Mém. Inst. Fr. Afr. Noire*, 44, 122 p., tabl., 35 fig., 15 pl.
- 1951 DELAMARE DEBOUTTEVILLE (C.). — Microfaune du sol des pays tempérés et tropicaux. *Suppl. Vie et Milieu*, 1, 360 p., 65 fig., 2 pl.
- 1953 DEMON (L.), FÉLICE (P. de), GONDET (H.), KAST (Y.), PONTIER (L.). — Premiers résultats obtenus au cours du printemps 1953 (Centre de Rech. Sah., section de Physique du Globe). *Journ. Rech. Centre Nat. Rech. Scient.*, n° 24, p. 1-12, 12 fig., 1 pl.
- 1957 DERVIEUX (F.). — La nappe phréatique du Souf (Région d'El Oued), Algérie. — II. Etude du renouvellement de la nappe. Contribution à l'étude des phénomènes capillaires dans un milieu pulvérulent. *Terres et Eaux*, n° 29, p. 12-39, tabl., 21 fig., 6 phot.
- 1955 DISPONS (P.). — Les Réduviides de l'Afrique Nord-Occidentale. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, s. A, 10, p. 93-240, tabl., 116 fig., pl. 1-4.
- 1955 DIZER (J. B.). — Sur le rôle physiologique des élytres et de la cavité subélytrale chez les Ténébrionides (Coléoptères) des steppes et des déserts. *Zool. zh. S.S.S.R.*, 34, p. 319-322, tabl., fig.
- 1950 DUBIEF (J.). — Evaporation et coefficients climatiques au Sahara. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, 6, p. 13-44, tabl., 2 fig., 4 cartes.
- 1951 DUBIEF (J.). — Alizés, harmattan et vents étésiens. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, 7, p. 187-190.

- 1952 DUBIEF (J.). — Le vent et le déplacement du sable au Sahara. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, 8, p. 123-164, 7 tabl., 9 fig., 3 cartes.
- 1953 DUBIEF (J.). — Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. 1 vol., 457 p., 35 tabl., 41 fig., 3 cartes. Direction du Service de la Colonisation et de l'Hydraulique, édit. Birmandreis, Alger.
- 1953a DUBIEF (J.). — Rapport sur l'évolution des régions arides dans le passé et à l'époque actuelle. *UNESCO/ NS/ AZ/*, 112, 13 + 4 p., miméogr.
- 1943 DUBIEF (J.), LAURIOL (J.). — Moyennes climatologiques du Sahara algérien pour la période 1925-1939. *Trav. Inst. Phys. Gl. Alg.*, 4, 22 p., tabl., graph., cartes.
- 1935 DUBIEF (J.), QUENEY (P.). — Les grands traits du climat du Sahara algérien. *La Météorologie*, n. s., 11, p. 80-91, 8 fig.
- 1834 DUFOUR (L.). — Recherches anatomiques et considérations entomologiques sur quelques Insectes Coléoptères compris dans les familles des Dermestiens, des Byrrhiens, des Acanthopodes, et des Leptodactyles. *Ann. Sc. Nat.*, s. 2, 1, p. 56-84, pl. 2-4.
- 1934 DUSPIVA (F.), CERNY (M.). — Die Bedeutung der Farbe für die Erwärmung der Käferelytren durch sichtbares Licht und Infrarot. *Zeitch. Vergl. Physiol.*, 21, p. 467-474 (cité par R. CHAUVIN, 1949).
- 1864 DUVEYRIER (H.). — Les Touaregs du Nord. 1 vol., 35, 500-38 p., tabl., 31 pl., 1 carte. Challamel édit., Paris.
- 1933 DYKE (E. C. van). — Peculiarities of the Coleoterous fauna of semiarid Southwestern North America. 5^e *Cong. Internat. Ent. Paris. Trav.*, p. 471-477.
- 1940 EDER (R.). — Die Kuticuläre Transpiration der Insekten und ihre Abhängigkeit vom Aufbau des Integumentes. *Zool. Jahrb. Abt. Allg. Zool. Physiol. Tiere*, 60, p. 203-240, tabl., 8 fig.
- 1957 EDNEY (E. B.). — The water relations of the terrestrial *Arthropods*. 1 vol., 6-109 p., 3 tabl., 32 fig. Cambridge University Press, édit. Cambridge.
- 1930 EMBERGER (L.). — Sur une formule climatique applicable en géographie botanique. *C. R. Ac. Sc.*, 191, p. 388-389.
- 1938 EMBERGER (L.). — La définition phytogéographique du climat désertique. *Mém. Soc. Biogéogr.*, 6, p. 9-14.
- 1939 EMBERGER (L.). — Aperçu général sur la végétation du Maroc. *Mem. h. s. Soc. Sc. Nat. Maroc*, p. 40-157, 5 fig., 11 pl. 1 carte.
- 1951 EMBERGER (L.). — Rapport sur les régions arides et semi-arides de l'Afrique du Nord. *Union Internat. Sc. Biol.*, 9, p. 50-61, 3 fig.

- 1952 EMBERGER (L.). — Rapport sur les régions arides et semi-arides de la partie nord-ouest du continent africain. *UNESCO/ NS/ AZ/*, 89, 32 + 9 p. miméogr.
- 1954 EMBERGER (L.). — Projet d'une classification biogéographique des climats. *Année Biol.*, 31, p. 249-255.
- 1955 EMBERGER (L.). — Afrique du Nord-Ouest. *UNESCO. Recherches de la zone aride*. 6. *Ecologie végétale*, compte rendu de recherches, p. 219-249, 11 tabl., 10 fig.
- 1955 EMBERGER (L.). — Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav. Lab. Bot. Géol. Zool. Fae. Sc. Univ. Montpellier* (S. Bot.), 7, p. 3-43, tabl., 9 fig.
- 1944 ESPANOL (F.). — Nuevos datos para el conocimiento de los Tenebrionidos (Col.) del Sahara Español. *Eos*, 20, p. 7-30, 4 fig.
- 1945 ESPANOL (F.). — Nuevos comentarios sistematicos sobre la subfamilia *Opatrinae* Reitt. con la descripcion de un nuevo representante del Sahara español (Col. *Tenebrionidae*). *Eos*, 20, p. 213-232, pl. 12-17.
- 1947 ESPANOL (F.). — Un aspecto de la vida en el Sahara español : Los Coleopteros. *Graellsia*, 5, p. 37-45.
- 1951 ESPANOL (F.). — Misiones saharianas de l'Institut Scientifique chérifien (1950-1951). Col. *Tenebrionidae*. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 31, p. 287-312, 8 fig.
- 1954 ESPANOL (F.). — Los Tenebrionidos (Col.) de Baléares. *Trab. Mus. Cienc. Nat. Barcelona* (n. s. zool.), 1, n° 5, p. 1-96, 41 fig.
- 1955 FIORI (G.). — Appunti ecologic ed etologici su l'entomofauna estiva della « Hamáda el Hámra (Tripolitania). *Boll. Ist. Ent. Bologna*, 21, p. 277-295, 9 fig., pl. 11-15.
- 1956 FIORI (G.), MELLINI (E.). — Rapporto sulla seconda missione di studio Tripolitania. *Atti Ac. Sc. Ist. Bologna* (Sc. Fis., s. 1), 3, 24 p., 1 fig., 6 pl.
- 1943 FISHER (R. A.), STEVEN, CORBET (A.), WILLIAMS (C. B.). — The relation between the number of individuals and the number of species on a random sample of an animal population. *Journ. Anim. Ecol.*, 12, p. 142-158, 9 tabl., 8 fig.
- 1948 FLANDRIN (J.). — Contribution à l'étude stratigraphique du Nummulitique algérien. *Bull. Serv. Carte Géol. Alg.* (2^e s.), 19, 340 p., tabl., 90 fig., 8 pl.
- 1905 FLYES SAINTE-MARIE. — Dans l'ouest de la Saoura. 1 vol., 164 p., 2 cartes. Comité de l'Afrique Française, édit. Paris.
- 1929 FRAENKEL (G.). — Untersuchungen über Lebensgewohnheiten, sinnes physiologie und Sozialpsychologie der wandernden Larven der Afrikanischen Wanderheuschrecke *Schistocerca gregaria* (Forsk.) *Biol. Zentralbl.*, 49, p. 657-680, tabl., 9 fig.

- 1944 FRAENKEL (G.), BLEWETT (M.). — The utilisation of metabolic water in Insects. *Bull. Ent. Res.*, 35, p. 127-139, 7 tabl.
- 1940 FRAENKEL (G.), GUNN (D. L.). — The orientation of animals. Oxford (cité par R. CHAUVIN, 1949).
- 1944 FRANZ (H.). — Bodenzöologie als Forschungszweig der Bodenkunde. *Bodenkundliche Forschungen*, 8, p. 129-145.
- 1951 FRANZ (H.). — Etat de nos connaissances sur la microfaune du sol. *Année Biol.*, 27, p. 241-252.
- 1948 FURON (R.). — Note de paléoclimatologie africaine. *C. R. Séances Soc. Biogéogr.*, 25, p. 40-45.
- 1950 FURON (R.). — Les grandes lignes de la paléogéographie de la Méditerranée (Tertiaire et Quaternaire). *Vie et Milieu*, 1, p. 131-162, 5 fig.
- 1951 FURON (R.). — Les données générales apportées par le colloque sur les origines du peuplement de l'Afrique du Nord. *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 28, p. 118-123.
- 1951a FURON (R.). — Les grandes lignes de la Paléogéographie de la Berbérie et du Sahara; leur sens biogéographique. *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 28, p. 46-48, 1 fig.
- 1952 GAUSSEN (H.), BAGNOULS (F.). — L'indice xérothermique. *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, n° 222-223, p. 10-16.
- 1928 GAUTIER (E. F.). — Le Sahara. 1 vol., 232 p., 10 fig., 16 pl. (Edition 1946). Payot, édit.
- 1937-1944 GEBIEN (H.). — Katalog der Tenebrioniden. 3 vol., 900 p., *Publicaz. Mus. Ent. Pietro Rossi*, 2; *Mitt. Münch. Ent. Ges.*, 28-34.
- 1938 GEBIEN (H.). — Die Tenebrioniden (*Colcoptera Heteromera*) der Namibwüste in Südwestafrika. *Abhand. Naturw. Ver. Bremen*, 30, p. 20-107, 30 fig.
- 1939 GEBIEN (H.). — Körperbau und Lebensweise der Wüstenebrioniden. 7° *Cong. Internat. Ent. Berlin*, 1, p. 118-132, 8 fig.
- 1942 GEIGER (R.). — Das Klima der bodennahen Luftschicht. 1 vol., 16-436 p., 181 fig. Vieweg et Sohn, édit. Brunswick.
- 1947 GÈZE (B.). — L'origine des eaux souterraines. *Ann. Spéleo.*, 2, p. 1-10.
- 1954 GIORDANI SOIKA (A.). — Viaggi di A. GIORDANI SOIKA nel Sahara. — VI. Contributo allo studio del popolamento del Sahara Centrale Vespidi del Hoggar, Tassili des Ajjer e Tibesti. *Boll. Mus. Civ. St. Nat. Venezia*, 7, p. 7-737, 3 fig., 6 pl.
- 1943 GISIN (H.). — Ökologie und Lebensgemeinschaften der Collembolen im Schweizerischen Excursion-gebiet Basels. *Rev. Suisse Zool.*, 50, 4, p. 131-224.

- 1946 GOVAERT (J.), LECLERCQ (J.). — Water exchange between Insects and air moisture. *Nature*, 157, p. 483.
- 1922 GRASSÉ (P.-P.). — Etude biologique sur le Criquet égyptien *Orthacanthacris aegyptia* (L.). *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 56, p. 545-578, 7 fig.
- 1923 GRASSÉ (P.-P.). — Sur le phototropisme de quelques Criquets. *C. R. Soc. Biol.*, 89, p. 898-900, 1 fig.
- 1929 GRASSÉ (P.-P.). — Les méthodes de la phytosociologie sont-elles applicables à l'étude des groupements animaux ? *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 6, p. 57-61.
- 1949-1951 GRASSÉ (P.-P.). — Traité de Zoologie, vol. IX-X. Masson, édit. Paris.
- 1951 GRASSÉ (P.-P.). — Biocénotique et phénomène social. *Année Biol.*, 27, p. 153-160.
- 1941 GRASSÉ (P.-P.), JOLY (P.). — La teneur en matières organiques de quelques terres de termitières. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 66, p. 56-62.
- 1948 GRASSÉ (P.-P.), NOIROT (C.). — La « Climatisation » de la termitière par ses habitants et le transport de l'eau. *C. R. Ac. Sc.*, 227, p. 869-871.
- 1930 GRIDELLI (E.). — Risultati zoologici della Missione inviata della R. Societa Geografica Italiana per l'esplorazione dell'oasi di Giarabub (1926-1927) Coleotteri. *Ann. Mus. Civ. St. Nat. Genova*, 54, p. 1-486, tabl., fig., 1 carte.
- 1952 GRIDELLI (E.). — Contribution à l'étude du peuplement de la Mauritanie. Coléoptères Ténébrionides. *Bull. Inst. Fr. Noire*, 14, p. 60-96, 3 fig.
- 1916 GRIFFITH TAYLOR. — Control of settlement by temperature. *Bull. 14*. Govt. Printer. Melbourne.
- 1844 GUÉRIN-MENNEVILLE (F. E.). — Note sur quelques Coléoptères mélasomes qui ne sont pas noirs et description. *Mag. Zool. Anat. Comp. Paléont.* (2^e s.), 6, 4 p., pl. 139.
- 1954 GUINET (P.). — Carte de la végétation de l'Algérie. Feuille de Béni Abbès. *Inst. Géogr. Nat.*, édit.
- 1932 HACHISUKA (M.). — Le Sahara. 1 vol., 167 p., 11 tabl., 17 fig., 1 carte. Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, édit. Paris.
- 1936 HEIM DE BALSAC (H.). — Biogéographie des Mammifères et des Oiseaux de l'Afrique du Nord. *Suppl. Bull. Biol. Fr. Belg.*, 21, p. 1-446, 16 fig., 7 pl., 16 cartes.
- 1954 IABLOKOFF (A. Kh.). — Un mois de recherches écologiques dans le Moyen-Atlas. *Bull. Soc. Sc. Nat. Phys. Maroc*, 34, p. 97-128, tabl.

- 1912 INNES BEY (W.). — Révision des Orthoptères de l'Egypte (Première partie). *Mém. Soc. Ent. Egypte*, 1, p. 1-78, 2 fig., 4 pl.
- 1950 JAHN (E.). — Bodentieruntersuchungen in den Flugsandgebieten des Marchfeldes. *Zeitsch. Angew. Ent.*, 32, p. 208-274, tabl., 10 fig.
- 1951 JAHN (E.). — Recherches sur la microfaune des sables mouvants du Marchfeld en 1942-1943 (résumé). *Année Biol.*, 27, p. 253-254.
- 1956 JARRIGE (J.). — Contribution à l'étude des Brachélytres sahariens. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 61, p. 85-89.
- 1907 JEANNEL (R.). — Sur les mœurs d'*Anthia venator* F. (Col.) en captivité. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 12, p. 292-293.
- 1942 JEANNEL (R.). — La genèse des faunes terrestres. 1 vol., 8-514 p., 213 fig., 8 pl., Presses Universitaires de France, édit. Paris.
- 1949 JEANNEL (R.). — Psélaphides de la Côte d'Ivoire. *Rev. Fr. Ent.*, 16, p. 99-127, 34 fig.
- 1956 JEANNEL (R.). — Les Psélaphides de l'Afrique du Nord. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.* (s. a.), 14, p. 1-233, 216 fig.
- 1945 JEANNEL (R.), PAULIAN (R.). — Faune des terriers des Rats-taupes. Coléoptères (in Miss. Scient. Omo.). *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, n. s., 19, p. 51-147, 248 fig.
- 1950 JOLY (F.). — Phénomènes exceptionnels d'écoulement et d'érosion dans le Sud marocain et la vallée de la Saoura en octobre 1950. *C. R. Séances Soc. Sc. Nat. Maroc*, 16, p. 153-154.
- 1954 JOLY (F.), POUHEYTO (A.), GUINET (P.), SAUVAGE (C.), PANOUSE (J. B.), VACHON (M.), KOCHER (L.), REYMOND (A.). — Les hamada Sud marocaines. *Trav. Inst. Scient. Chérif.*, S. Gén., 2, p. 1-190, 1 fig., 14 pl., 1 carte.
- 1938 KACHKAROV (D. N.). — Principes d'écologie animale. 1 vol., 601 p. (non vu).
- 1942 KACHKAROV (D. N.), KOROVINE (E. P.). — La vie dans les déserts. Edit. fr. de T. MONOD, 1 vol., 361 p., tabl., 63 fig., 32 pl., Payot, édit. Paris.
- 1954 KAUFELDT (C. E.). — Observations on San Francisco's last major sand dune, with notes on its flora and insect fauna. *Wasmann Journ. Biol.*, 12, p. 293-336, 1 tabl., 9 fig.
- 1939 KENNEDY (J. S.). — The behaviour of the desert Lacust (*Schistocerca gregaria* (Forsk.)) (Orthopt.) in an outbreak Centre. *Trans. Roy. Ent. Soc.*, 89, p. 385-540, 37 fig., 9 pl.
- 1925 KILIAN (C.). — Au Hoggar. 1 vol., 190 p., 16 pl., 1 carte. Soc. d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, édit. Paris.

- 1945 KILLIAN (Ch.). — Un cas très particulier d'humification au désert due à l'activité des micro-organismes dans le sol des Nebka. *Rev. Canad. Biol.*, 4, p. 3-36, 4 tabl., 6 fig., 1 pl.
- 1947 KILLIAN (Ch.). — Sur la nebka à *Tamarix aphylla* du Centre fezzanais et son humidification en particulier. *Mission Scient. Fezzan*, 4, p. 67-89, 2 fig., 5 pl. (Pub. Inst. Rech. Sahar. Alger).
- 1939 KILLIAN (Ch.), FEHER (D.). — Recherches sur la microbiologie des sols désertiques. *Encycl. Biol.*, 21, 127 p., 38 tabl., 52 fig.
- 1933 KLEIN (H. Z.). — Zur ökologie einiger Dünenkäfer. *Zeitsch. Wiss. Zool.*, 144, p. 240-261, tabl.
- 1935 KOCH (C.). — Wissenschaftliche Ergebnisse der entomologischen Expedition Seiner Durchlaucht des Fuersten A. della Torre e Tasso nach Aegypten und auf die halbinsel Sinai. — VII. *Tenebrionidae*. *Bull. Soc. Roy. Ent. Egypte*, n. s., 19, p. 2, III.
- 1955 KOCH (C.). — The fauna of the Namib desert. *Bull. Transvaal Mus.*, 2, p. 4-5, 1 fig.
- 1955a KOCH (C.). — Monograph of the *Tenebrionidae* of Southern Africa. — I. *Mem. Transvaal Mus.*, 7, p. 1-13 et 1-242, 158 fig., 24 pl., 2 cartes.
- 1956 KOCH (C.). — Les *Tenebrionidae* de l'Afrique du Sud. XXVII. Nouveaux *Gnathidiini* anophtalmes de Madagascar (*Colcoptera*). *Nat. Malgache*, 8, p. 81-103, 31 fig.
- 1953 KOCHER (L.). — Observation sur la ponte de *Mylabris tricincta* Chevr. *C. R. Séances Soc. Sc. Nat. Phys. Maroc*, 19, p. 93.
- 1957 KRING (J. B.). — Oviposition response of *Limonius agonus* (Say) (*Colcoptera, Elateridae*) to sand particle size. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 50, p. 392-394, 1 tabl., 1 fig.
- 1932 KROGERUS (R.). — Über die Oekologie und Verbreitung der Arthropoden der Triebungsgebiet an den Küsten Finnlands. *Act. Zool. Fenn.*, 12, 1-308 p., 31 p., 12 diagr., 39 fig., 28 cartes.
- 1933 KRÜGER (P.), DUSPIVA (F.). — Der Einfluß der Sonnenstrahlung auf die Lebensvorgänge der Poikilothermen. *Biol. Gen.*, 9, p. 168-188, 6 tabl., 7 fig.
- 1939 KUHNELT (W.). — Beiträge zur Kenntniss des Wasserhaushaltes der Insekten. 7^e *Congrès Internat. Ent. Berlin*, 2, p. 797-802.
- 1902 LAMEERE (A.). — Notes sur les mœurs des Fourmis au Sahara. *Ann. Soc. Ent. Belg.*, 46, p. 160-169, tabl.
- 1936 LARSEN (E. B.). — Biologische Studien über die Tunnelgrabenden Käfer auf Skallingen. *Vidensk. Medd. Nat. Foren.*, 100, p. 1-231, 66 fig., pl. 1-2; ou : *Medd. Skalling. Lab.*, 3, 12-231 p., 66 fig., 2 pl.

- 1947-1948 LECLERCQ (J.). — Influence des conditions hygrométriques sur les larves, les nymphes et les adultes de « *Tenebrio molitor* » L. *Arch. Internat. Physiol.*, 55, p. 366-376, 3 tabl., 3 fig.
- 1947-1948a LECLERCQ (J.). — Contribution à l'étude du métabolisme de l'eau chez la larve de « *Tenebrio molitor* » L. *Arch. Internat. Physiol.*, 55, p. 412-419, 2 tabl., 1 fig.
- 1947-1948b LECLERCQ (J.). — Recherches sur le métabolisme de l'eau chez les nymphes et les adultes de « *Tenebrio molitor* » L. *Arch. Internat. Physiol.*, 55, p. 451-458, 2 tabl., 3 fig.
- 1953 LÉOUFFRE (A.). — Phénologie des Insectes du Sud oranais. Désert Res. Proc. Internat. Symp. Jérusalem. *Spécial Pub. Res. Coun. Israel*, n° 2, p. 325-331.
- 1957 LEREDDE (C.). — Etude écologique et phytogéographique du Tassili des Ajjer. *Mission Scient. Tassili Ajjer*, 2, 455 p., 51 tabl., fig., 26 pl. Cartes (Pub. Inst. Rech. Sahar. Alger).
- 1955 LESEIGNEUR (L.). — Coléoptères Elatérides du Sahara nord-occidental. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 60, p. 86-92, 13 fig.
- 1930 LUGEON (J.). — Ionisation et champ électrique à El Goléa; l'éclair visible à 800 km; mirage en automobile; condensation dans les dunes du Grand Erg. *C. R. Ac. Sc.*, 191, p. 216-218.
- 1933-1940 MAIRE (R.). — Mission scientifique du Hoggar. — II. Etude sur la flore et la végétation du Sahara central. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 3, 433 p., 25 fig., 36 pl., 1 reprod. front., 2 cartes.
- 1926 MARTONNE (E. de). — Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. *La Météorologie* (n. s.), 2, p. 449-458, 4 fig.
- 1948 MASSON (H.). — Condensations atmosphériques non mesurables au pluviomètre. *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire*, 10, p. 1-130, tabl., 18 graph., 10 fig.
- 1948a MASSON (H.). — L'eau de condensation et la végétation. *Bull. Inst. Fr. Afr. Noire*, 10, p. 131-181, tabl., 16 graph., 6 fig.
- 1950 MASSON (H.). — Recherches préliminaires sur les condensations atmosphériques non mesurables au pluviomètre. *Première Conf. Internat. African. Ouest Dakar*, 1950. *C. R.* 1, p. 120-125, 6 tabl.
- 1950 MATEU (J.). — Escarabeidos de Ifni y del Sahara español. *Eos*, 26, p. 271-297, 1 tabl., 1 graph., 1 carte.
- 1953 MATEU (J.). — Mision entomologica al Sahara frances. *Arch. Inst. Aclimat.*, 1, p. 167-177, 6 pl., 1 carte
- 1954 MATEU (J.). — Mision entomologica al Sahara frances, 2a nota. *Arch. Inst. Aclimat.*, 2, p. I-VI, 6 pl.

- 1934 MELLANBY (K.). — The site of loss water from Insects. *Proc. Roy. Soc. Lond.*, s. B, 116, p. 139-149, 6 fig.
- 1948 MENCHIKOFF (N.). — La paléogéographie saharienne aux temps paléozoïques. *Congr. Intern. Géol.*, Londres, 1948.
- 1955 MELLINI (E.). — La vita entomatica nell'oasi e nella piana di Mizda (Tripolitania). *Boll. Ist. Ent. Bologna*, 21, p. 213-242, 14 fig., pl. 1-4.
- 1955a MELLINI (E.). — Aspetti estivi della entomofauna dello Uadi Sofeggin e suoi affluenti. *Boll. Ist. Ent. Bologna*, 21, p. 243-276, 13 fig., pl. 5-10.
- 1954 MELLINI (E.), FIORI (G.). — Ricerche di Ecologia e di Etologia sulla Entomofauna dello « Uàdi Sofeggin » (Tripolitania). *Boll. Ist. Ent. Bologna*, 20, p. 29-51, 25 fig.
- 1937 MILLOT (J.), FONTAINE (M.). — Etudes physiologiques sur les Orthoptères. — I. La teneur en eau du Criquet pèlerin adulte. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 28, p. 412-418.
- 1952 MIRÉ (P. de). — Contribution à l'étude des *Bembidiidae* d'Afrique française prédésertique (Col. *Trechidae*). *Rev. Fr. Ent.*, 19, p. 139-159, 15 fig., 1 carte.
- 1952 MIRÉ (P. de). — Rapport de prospection en Mauritanie orientale (A.O.F.). *Bull. Off. Nat. Anti-Acrid.*, n° 3, p. 1-54, 1 fig., 1 carte.
- 1941 MONOD (T.). — Méharées. 1 vol., 303 p., 32 pl., 1 carte. « Je sers », édit. Paris.
- 1951 MONOD (T.). — Biologie et régions arides. *Union Internat. Sc. Biol.*, 9, p. 33-44.
- 1951a MONOD (T.). — Biotopes Ouest sahariens. *Bull. Inst. Fouad 1^{er} Désert*, n° 2, p. 95-102, 3 fig.
- 1953 MONOD (T.). — Exposé liminaire pour la section biologique. Désert Res. Proc. Internat. Symp. Jérusalem. *Spécial Pub. Res. Counc. Israel*, n° 2, p. 43-88.
- 1954 MONOD (T.). — Modes « contracté » et « diffus » de la végétation saharienne. *Biology of Deserts* (Proc. Symp. Biol. Hot. Cold Deserts, Inst. Biol. London), p. 35-44, tabl., 3 fig.
- 1955 NICOT (J.). — Remarques sur les peuplements de Micromycètes des sables désertiques. *C. R. Ac. Sc.*, 240, p. 2082-2084.
- 1945 NIELSEN (E. T.). — Mœurs des Bembex. *Skrif. Univ. Zool. Mus. København*, 7, p. 5-174, 54 fig., pl. 1-3.
- 1939 NIELSEN (E. T.), THAMDRUP (H. M.). — Ein Hygrometer für mikroklimatische Untersuchungen. *Bioklimat. Beiblätt.*, 4, p. 180-184, 6 tabl.

- 1933-1949 NORMAND (H.). — Contribution au Catalogue des Coléoptères de la Tunisie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 24-29. Troisième supplément (fasc. 1 et 2). *Bull. Soc. Géogr. Arch. Prov. Oran*, 66-67, fasc. 221. Troisième supplément (fasc. 3 et 4). *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, 2.
- 1947-1948 OMER-COOPER (J.). — Report of the colouration of desert animal. *Bull. Inst. Egypte*, 30, p. 37-46.
- 1951 PAGES (J.). — Contribution à l'étude de la Faune endogée du Sahara. *Proapygidae [Diplura]*. *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 56, p. 129-136, 20 fig.
- 1939 PATTON (R. L.), CRAIG (R.). — The rates of excretion of certain substances by the larvae of the Mealworm, *Tenebrio molitor* L. *Journ. Exp. Zool.*, 81, p. 437-457, 3 tabl., 4 fig.
- 1942 PAULIAN (R.). — Observations sur *Bledius spectabilis* Kraatz. *Bull. Lab. Dinard*, 24, p. 62-72, 3 fig.
- 1943 PAULIAN (R.). — Les Coléoptères. 1 vol., 396 p., 164 fig., 14 pl., Payot, édit. Paris.
- 1947 PAULIAN (R.). — Observations écologiques en Forêt de Basse Côte d'Ivoire. *Encycl. Biogéogr. Ecol.*, 2, 147 p., 52 fig., 2 pl.
- 1956 PAULIAN (R.). — Introduction à l'étude de la faune endogée malgache. *Nat. Malgache*, 8, p. 65-69.
- 1939 PAULIAN (R.), VILLIERS (A.). — Récoltes de R. PAULIAN et A. VILLIERS dans le Haut Atlas marocain. Larves de Coléoptères. *Rev. Fr. Ent.*, 6, p. 44-58, 65 fig.
- 1939 PEARSE (A. S.). — Animal Ecology. 1 vol., 12-642 p., 133 fig., 2^e édit. Mac. Gray. Hill., édit New York et Londres.
- 1935 PERRET (R.). — Le climat du Sahara. *Ann. Géogr.*, 44, p. 162-186, 6 fig.
- 1951 PETTER (F.). — Etude d'une collection de Rongeurs du Sahara Nord-Occidental. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.*, 2^e s., 23, p. 483-488.
- 1952 PETTER (F.). — Note préliminaire sur l'éthologie et l'écologie de *Psammomys obesus* Cretzchmar. *Mammalia*, 16, p. 137-147, 7 fig.
- 1931 PEYERIMHOFF (P. de). — Mission scientifique du Hoggar. — I. Coléoptères. *Mém. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, 2, p. 1-173, 20 fig., 3 pl., 1 reprodu. front., 2 cartes.
- 1935 PEYERIMHOFF (P. de). — Le genre *Storthocnemis* Karsch (*Tenebrionidae*). *Bull. Soc. Ent. Fr.*, 40, p. 89-91.
- 1936 PEYERIMHOFF (P. de). — Les *saprinus* sabulicoles du Nord de l'Afrique (*Coloptera Histeridae*). *Bull. Soc. Roy. Ent. Egypte*, 20, p. 213-228, 3 fig.
- 1938 PEYERIMHOFF (P. de). — Physionomie de la faune entomologique (Coléoptères) au Sahara. *Mém. Soc. Biogéogr.*, 6, p. 179-218.

- 1948 PEYERIMHOFF (P. de). — Mission scientifique du Fezzan. Insectes Coléoptères. *Mission Scient. Fezzan*, 5, p. 7-84, 6 fig., 1 carte (Pub. Inst. Rech. Sahar. Alger).
- 1950 PIERRE (F.). — Morphologie, milieu biologique et comportement de trois *Crocini* nouveaux du Sahara Nord-Occidental. [Planipennes Nemopteridae]. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 119, p. 1-22, 47 fig.
- 1954 PIERRE (F.). — Le genre *Leptonychus* Chevrolat (Col. Tenebrionidae). *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 123, p. 17-33, 18 fig.
- 1955 PIERRE (F.). — Le peuplement entomologique et ses rapports avec la végétation dans les sables vifs de la zone aride. UNESCO. *Recherches sur la zone aride*. 5. *Ecologie végétale*, actes du colloque de Montpellier, p. 107-116, 4 fig.
- 1958 PIERRE (F.). — Coléoptères Ténébrionides du Tassili n'Ajjer (Mission F. BERNARD). *Mission Scient. Tassili Ajjer*, 2, 12 p., 2 fig. (Pub. Inst. Rech. Sahar. Alger).
- 1958 PIERRE (F.). — Coléoptères Ténébrionides du Sahara Nord-Occidental (En préparation.)
- 1958 PIERRE (F.). — Coléoptères *Trogidae*, *Geotrupidae*, *Hybosoridae*, *Scarabacidae*, du Sahara Nord-Occidental (En préparation.)
- 1948 PIERRE (F.), REYMOND (A.). — Premiers résultats d'un voyage de reconnaissance dans l'Erg er Raoui. C. R. som. *Séances Soc. Biogéogr.*, 25, p. 118-124.
- 1929 PIGEOT (It.). — Carte de reconnaissance de l'Igoudi et des régions à l'ouest de Tabelbala et au sud de l'Oued Dra (Sahara occidental). *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, 2, p. 253-263, 1 carte.
- 1956 PONS (A.), QUÉZEL (P.). — Premiers résultats de l'analyse pollinique de quelques paléosols sahariens. *C. R. Ac. Sc.*, 243, p. 1656-1658.
- 1934 PRENANT (M.). — Adaptation, écologie et biocoenotique. *Actual. Scient. Ind.*, n° 103, 60 p.
- 1952 PRUTHI (H. S.), BHATIA (D. R.). — Peculiarities of the insect fauna of the Rajasthan desert and the share of insects in the maintenance of the desert. *Bull. Nat. Inst. Sc. India*, n° 1, p. 241-245.
- 1947 QUENTIN (R. M.). — Sur *Sarcophaga maculata* Meigen (Dipt. Sarcophagidae), endoparasite de *Pimelia grandis* ssp. *Latastei* SÉNAC (Col. Tenebrionidae). *Diptera*, 11, p. 73-76, 1 fig.
- 1950 QUEZEL (P.). — De l'application des méthodes statistiques à l'étude des groupements animaux. *Ann. Serv. Bot. Agr. Tunisie*, 23, p. 125-138, 4 tabl., 3 fig.

- 1954 QUÉZEL (P.). — Contribution à l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. *Monogr. Rég. Inst. Rech. Sahar.*, 2, 164, p. 14, tabl., 4 graph., 6 fig., 10 pl.
- 1953 QUÉZEL (P.), VERDIER (P.). — Les méthodes de la phytosociologie sont-elles applicables à l'étude des groupements animaux ? Quelques associations ripicoles de Carabiques dans le Midi de la France et leurs rapports avec les groupements végétaux correspondants. *Vegetatio*, 4, p. 165-181, tabl., 2 pl.
- 1936 RAMDAS (L. A.), PARANJPE (M. K.). — An interferometric method of measuring temperatures and temperatures gradient very close to a hot surface. *Current Sci.*, 4, p. 642-644, 3 fig.
- 1938 REYMOND (A.). — Résultats scientifiques d'un voyage en Asie Centrale (Mission HAARDT-AUDOUIN-DUBREUIL, 1931). Thèse, Paris, 285 p., 19 fig., pl. A. G., 20 pl., 4 crtes. Edité par l'auteur. In part., 1937, *Rev. Géogr. Phys. Géol. Dyn.*, 10, p. 175-254, 265-327, pl. 1-12, 4 cartes.
- 1938a REYMOND (A.). — La vie dans les déserts de l'Asie Centrale. *Mém. Soc. Biogéogr.*, 6, p. 53-65.
- 1946 REYMOND (A.). — Premiers résultats d'un séjour à Béni Abbès et d'un voyage dans le Grand Erg Occidental de février à août 1946. *C. R. som. Séances Soc. Biogr.*, 23, p. 58-62 (Intéressantes remarques de P. de PEYERIMHOFF).
- 1949 REYMOND (A.). — Les biotopes principaux du Sahara nord-ouest. *Rev. Géogr. Maroc*, 1, n. s., p. 27-41.
- 1950 REYMOND (A.). — Premiers résultats d'un voyage dans le Grand Erg Occidental et de recherches dans la région de Béni Abbès et de la vallée de la Saoura. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 30, p. 47-79.
- 1952 REYMOND (A.). — Insectes de divers ordres récoltés au Sahara Central au cours d'une mission du Centre National de la Recherche Scientifique en 1947-1948. *Bull. Soc. Sc. Nat. Maroc*, 32, p. 77-89.
- 1952 RICHARD (G.). — Le rôle des organes sensoriels dans certaines phases du comportement des Termites. *Ann. Sc. Nat. Zool.*, 11^e s., 14, p. 415-421, tabl., 1 fig.
- 1954 ROUDIER (A.). — Coléoptères phytophages recueillis par F. PIERRE dans le Sahara algérien de 1947 à 1952. *Rev. Fr. Ent.*, 21, p. 52-64, 8 fig.
- 1952 SAINT GIRONS (H.). — Etude biogéographique des Serpents paléarctiques. *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 29, p. 50-67, 7 fig.
- 1922 SANDERS (N. J.), SHELFORD (V. E.). — A quantitative and seasonal study of a Pine-dune animal community. *Ecology*, 3, p. 306-321.

- 1948 SAUVAGE (C.). — Les environs de Goulimine, carrefour botanique. *Vol. Jub. Soc. Sc. Nat. Maroc*, p. 107-146, 1 fig., 2 pl., 1 carte.
- 1942 SCHAEFFENBERG (B.). — Jahreszeitlich bedingte Permeabilitätsänderungen bei Elateridenlarven. *Zool. Anz.*, 138, p. 71-79.
- 1954-1955 SCHMIDT (G.). — Physiologische Untersuchungen zur Transpiration und zum Wassergehalt der Gattung *Carabus* (Ins. Coleopt). *Zool. Jahrb. Abt. Allg. Zool. Physiol. Tiere*, 65, p. 459-495, 9 tabl., 14 fig.
- 1945 SCHOELLER (H.). — L'Hydrogéologie d'une partie de la vallée de la Saoura du Grand Erg Occidental. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5^e s., 15, p. 563-585, tabl., 5 fig.
- 1950 SEGUY (E.). — La biologie des Diptères. *Encycl. Ent.*, 26, 609 p., 225 fig., 10 pl.
- 1936 SELTZER (P.). — Etudes micrométéorologiques en Alsace. *Ann. Inst. Phys. Gl. Strasbourg*, p. 93-150, 44 fig.
- 1946 SELTZER (P.). — Le climat de l'Algérie. *Trav. Inst. Météo. Phys. Gl. Alg.*, h. s., 23-219 p., 56 tabl., 53 fig., 83, 2 cartes.
- 1938 SILVESTRI (F.). — Due novi generi deserticola di *Lepismatidae* (Insecta : Thysanura). *Boll. R. Lab. Ent. Agrario Portici*, 1, p. 340-353, 9 fig.
- 1935 SNODGRASS (R. E.). — Principles of insect morphology. 1 vol., 6-667 p., 319 fig. Mac Graw-Hill. Edit. New York et Londres.
- 1933-1935 STRELNIKOV (J. D.). — Effect of the solar radiation and the micro-climate upon the body temperature and the behaviour of the larvae of *Locusta migratoria* L. *Trav. Inst. Zool. Ac. Sc. U.R.S.S.*, 2, p. 637-733, 24 tabl., 15 fig.
- 1934 STRELNIKOV (J. D.). — Le facteur « lumière » dans l'écologie animale. *Bull. Inst. Scient. « P. Lesgaft »*, 17-18, p. 313-371, 12 tabl., 12 fig.
- 1876 SZMOLAY (Dr.). — In Nouvelles et faits divers de « *L'Abeille* », n° 14 (1875). *L'Abeille*, 14, p. LVII-LVIII.
- 1952 TERMIER (H. et G.). — Histoire géologique de la biosphère. 1 vol., 721 p., 5 tabl., 105 fig., 8 pl., 36 cartes. Masson, édit. Paris.
- 1956 THÉODORIDÈS (J.). — Contribution à l'étude des parasites et phorétiques de Coléoptères terrestres. *Suppl. Vie et Milieu*, 4, 310 p., tabl., 57 fig., 3 pl.
- 1954 THIENEMANN (A.). — Ein drittes biozönotisches Grundprinzip. *Arch. Hydrobiol.*, 49, p. 421-422.
- 1948 THORNTON (C. W.). — An approach toward a rational classification of climate. *Geogr. Rev.*, 38, p. 55-94, 5 tabl., 13 fig., 1 carte.

- 1958 THORNTWHAITE (C. W.). — The water balance in arid and semiarid climates. *Desert Res. Proc. Internat. Symp. Jerusalem. Special Pub. Res. Council. Israel*, n° 2, p. 112-135, 3 tabl., 12 fig.
- 1949 TISCHLER (W.). — Grungzüge der terrestrischen Tierökologie. 1 vol., 4-220 p., 4 tabl., 65 fig. Vieweg et Sohn, édit. Braunschweig.
- 1935 TRABUT (L.). — Répertoire des noms indigènes des plantes spontanées cultivées et utilisées dans le Nord de l'Afrique. 1 vol., 355 p., in *Collection du Centenaire de l'Algérie*.
- 1939 UVAROV (B. P.), VOLKONSKY (M. A.). — Note on a desert grasshopper with digging habits *Eremogryllus hamadae* Krauss 1902 (*Orthoptera Acrididae*). *Proc. Roy. Ent. Soc.*, A, 14, p. 19-23, 3 fig.
- 1951 VACHON (M.). — Biogéographie des Scorpions du Nord de l'Afrique. *C. R. som Séances Soc. Biogéogr.*, 28, p. 61-65, 2 fig.
- 1952 VACHON (M.). — Etudes sur les Scorpions. 1 vol., 482 p., 690 fig. Inst. Pasteur Alg., édit.
- 1956 VAILLANT (F.). — Recherches sur la faune madicole (hygro-pétrique s.l.) de France, de Corse et d'Afrique du Nord. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.* (s. A), 11, p. 1-257, 35 fig., 6 pl.
- 1949 VANDEL (A.). — Sur une collection d'Isopodes terrestres rassemblée par F. PIERRE dans le Sud algérien, et sur la présence d'un nouvel élément irano-touranien dans la faune saharienne. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 74, p. 310-316, 9 fig.
- 1955 VANDEL (A.). — La faune ispodique cavernicole de l'Afrique du Nord (Berbérie). *Notes biospéléol.*, 10, p. 63-80, 6 fig.
- 1955 VILLERET (S.). — La répartition des algues dans quelques tourbières à Sphaignes et les facteurs physico-chimiques du milieu. *C. R. som. Séances Soc. Biogéogr.*, 32, p. 49-63, 2 tabl., 2 fig.
- 1953 VRYDAGH (J. M.). — Contribution à l'étude des *Bostrychidae* (Coleoptera Terebridae) 1. Les *Bostrychidae* du Sahara. *Bull. Inst. Roy. Soc. Nat. Belg.*, 29, n° 4, p. 1-4.
- 1938 WALSH (G. B.). — Some relations of british Coleoptera to their environment. *Trans. Soc. Brit. Ent.*, 5, p. 199-222, tabl., 6 fig.
- 1941 WELTER (L.). — Memento du Service Météorologique, n° 7 A, moyennes. 1 vol., 138 p., tabl. Haut Commissariat de l'Afrique Française, édit. Rufisque.
- 1932 WIGGLESWORTH (V. B.). — On the function of the so-called « Rectal glands » of Insects. *Quart. Journ. Micr. Sc.*, 75, p. 131-150, 2 fig.

- 1945 WIGGLESWORTH (V. B.). — Transpiration through the cuticle of insects. *Journ. Exp. Biol.*, 21, p. 97-113, 16 tabl., 6 fig., pl. 1-2.
- 1943 WILLIAMS (C. B.). — Area und number of species. *Nature*, 152, p. 264-267, 2 fig.
- 1944 WILLIAMS (C. B.). — Some applications of the logarithmic series and the index of diversity to ecological problems. *Journ. Ecol.*, 32, p. 1-44, 25 fig.
- 1947 WILLIAMS (C. B.). — The generic relations of species in small ecological communities. *Journ. Anim. Ecol.*, 16, p. 11-18, 6 tabl.
- 1947a WILLIAMS (C. B.). — The logarithmic series an its applications to biological problems. *Journ. Ecol.*, 34, p. 253-272, 6 tabl., 5 fig.
- 1951 WILLIAMS (C. B.). — Diversity as a measurable character of an animal or plant population. *Année Biol.*, 27, p. 129-141, 5 fig.
- 1939 WISSMANN (H. von). — Die Klima und Vegetationsgebiete Eurasien. *Zeits. Ges. Erdkunde Berlin*, 1-2, p. 1-14, 6 fig., carte.
- 1934 ZAVATTARI (E.). — Prodrómo della fauna della Libia. 1 vol., 7-1234 p. Minist. Col. R. Univ. Pavia, édit. Pavie.

DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES

- Afrique 1/5 000 000, feuille n° 1. Inst. Géogr. Nation. Edit.
- Afrique 1/500 000, type spécial pour les régions sahariennes, feuilles de Kerzaz et de Colomb-Béchar. Inst. Géogr. Nat. Edit.
- Carte du Sahara, reproduction des minutes de levés au 200 000^e, feuille de Béni Abbès, coupure spéciale. Inst. Géogr. Nat. Edit.
- Croquis de l'Afrique française au 1 000 000^e, feuilles de Colomb-Béchar, de l'Erg Chech et d'In Salah. Inst. Géogr. Nat. Edit.
- Maroc au 200 000^e, feuille de Goulimine et de Plage Blanche. Inst. Geogr. Nat. Annexe du Maroc Edit.
- Carte de reconnaissance au 1 000 000^e, feuille d'Agadir-4. Inst. Géogr. Nat. Annexe du Maroc Edit.
- Carte de la végétation de l'Algérie. Feuille de Béni Abbès par P. GUINET (1954). Inst. Géogr. Nat. Edit.

*
* *

PLANCHES

F. Pierre, Phot.



1



2

J. BRUNISSEN, imp., 30 rue Le Brun, Paris

1. — Béni Abbès et le Grand Erg Occidental.
2. — La Hamada du Guir au Sud de Béni Abbès.



1



2

1. — Reg à l'Est de l'Erg Chech.

2. — Reg au Sud du Tademaït. Au premier plan, bois silicifiés et sables.



1



2

1. — Djebels d'Ougarta : région du Kheneg el Aatène.
2. — Djebels d'Ougarta : région du Saheb Touil.



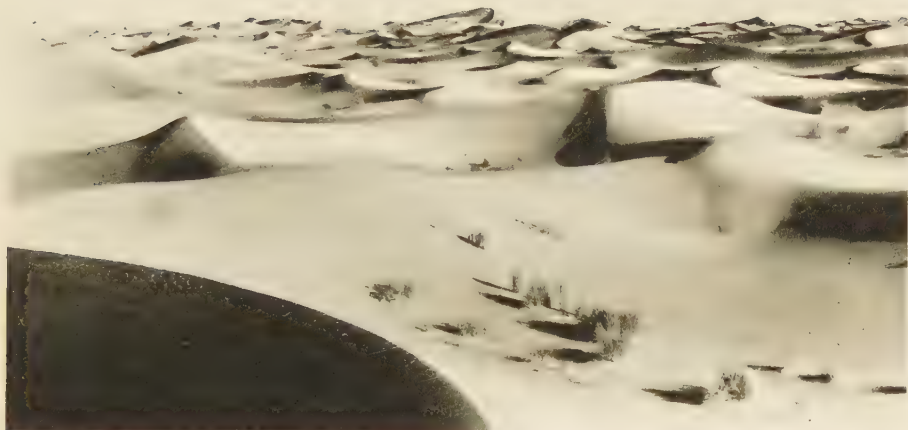
1



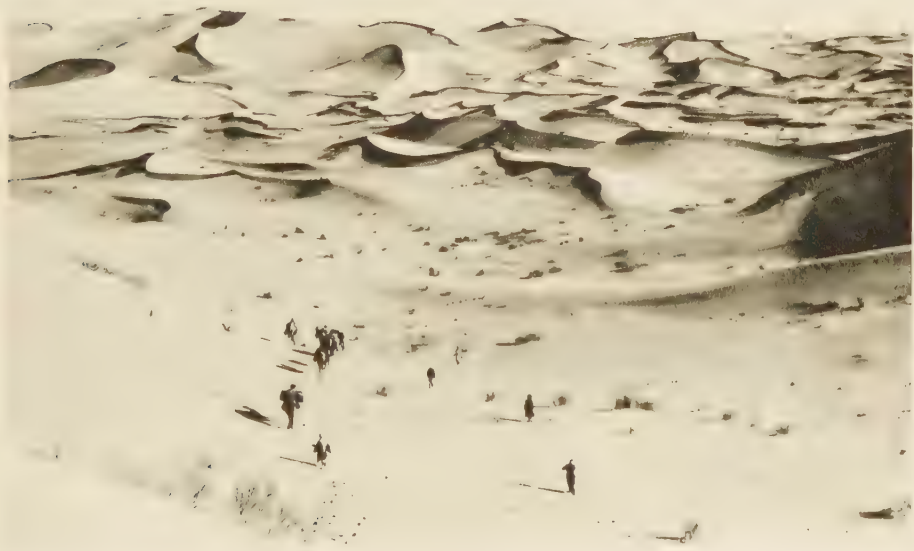
2

J. BRUNISSEN imp 30 rue Le Brun Paris

1. — Oued à écoulement temporaire (sur la Hamada du Guir, près de Béni Abbès).
2. — Oued à sous-écoulement permanent : la Saoura en aval de Béni Abbès



1



2

1. — Le Grand Erg Occidental au Foug Seïada, près de Béni Abbès
2. — L'Erg er Raoui (régions centrales)



1



2

1. — L'Erg Igudi (régions septentrionales)
2. — L'Erg Chech (régions orientales, « Hassi Baroud »).
Au premier plan, témoins d'érosions.



1



2

1. — Groupe de dunes sur un reg du Touat
2. — Sables des rochers (Djebel bet Tadjine)



1



2

J. BRUNISSEN imp 30 rue Le Brun. Paris

1. — Nappe sableuse sur la bordure orientale de l'erg Chech
2. — Nebkas au Foug el Tlaia, dans les Djebels d'Ougarta.



1



2

1 et 2. — La nappe aquifère dans l'Erg Chech Oriental (régions orientales, Hassi Baroud)



1



2

1. — Lignes de végétation herbacée (*Aristida pungens* Desf.) à flanc de dune, suivant les axes de ruissellement. Travertins au premier plan (Erg Iguidi).
2. — Un « arbre souterrain », *Calligonum Azel* R. Maire, déchaussé exceptionnellement par le vent (Erg er Raoui).



1



2

J. BRUNISSEN, imp. 30, rue Le Brun, Paris

1. — *Cistanche Phelypaea* L., sur *Tamarix aphylla* L. (nebka au Foun el Tlaïa, Djebels d'Ougarta)
2. — Partie souterraine de la hampe, biotope de quelques sabulicoles.



1



2



3

1. — *Foleya brevicornis* Peyer. sur *Aristida pungens* Desf. (Erg er Raoui).
2. — Fouissement chez *Leucolaeophus liliputatus* Luc. (Bordure du Grand Erg Occidental, Ouarourout).
3. — Tubes de soie tissés par la chenille d'un Lépidoptère *Noctuidae* (indéterminé). Bordure du Grand Erg Occidental, Béni Abbès, sur *Moltkia callosa* Vahl.



1



2

1. — Orifice du terrier d'une Lycose à la surface de la dune (Béni Abbès)
2. — Traces d'un oiseau prédateur de sabulicoles (Béni Abbès)



1

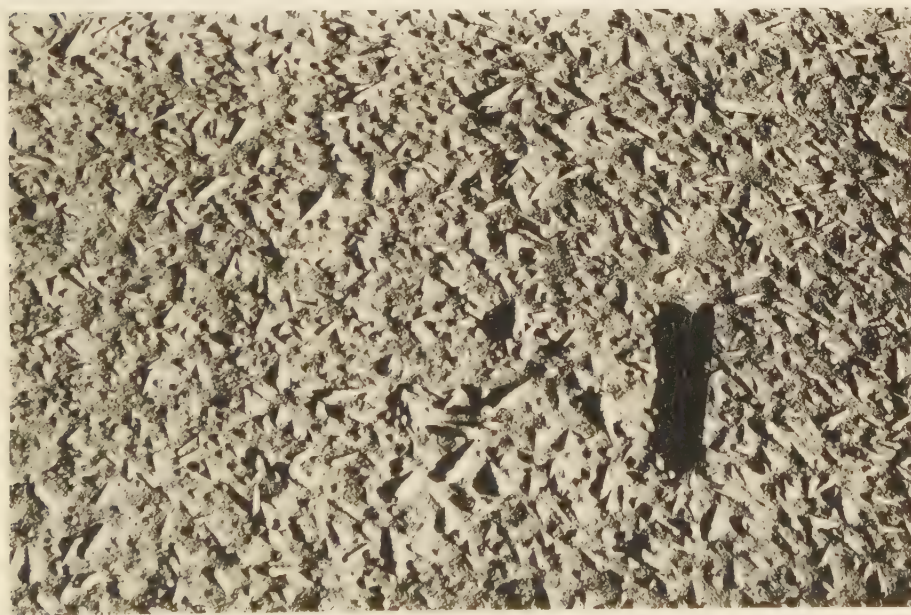


2

1. — Traces de la vie nocturne à la surface de la dune (Erg er Raoui).
2. — Traces, comparables, sur des sables littoraux (Oranie, région de Mostaganem).



1



2

1. — Témoins d'érosion dans l'Erg Iguidi Méridional (Ouahila).
2. — Coquilles sur un fond de sebkha, même région.



1



2

J. BRUNISSEN, imp. 30, rue Le Brun, Paris

1. — Sables sub-littoraux du Maroc Sud Occidental : Rherd el Khadem, près d'Aoréora.
2. — Sables littoraux du Maroc Sud-Occidental : Plage Blanche à Aoréora. Au premier plan, *Traganum Moquinii* Webb. parasité par *Cistanche Phelypaea* L.

TABLE DES FIGURES

FIG. 1. — Les grands massifs dunaires du Sahara Nord-Occidental	27
FIG. 2-6. — Grands traits du relief et répartition des sables au Sahara Nord-Occidental. 2. — L'erg. 3. — La hamada. 4. — Le reg. 5. — Le djebel. 6. — L'oued à sous-écoulement permanent (Vallée de l'Oued Saoura en aval de Béni Abbès, d'après H. ALIMEN et al., 1952, simplifié)	31
FIG. 7. — Grotte de la Gara Diba à Béni Abbès	38
FIG. 8. — Plan schématique d'un terrier de Rongeur (<i>Psammomys obesus</i> Cretzschmar). (D'après F. PETTER, 1952, simplifié)	39
FIG. 9-10. — La pluie en Afrique désertique du Nord Ouest. 9. — Suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao (approximativement méridien 0). 10. — Sur les frontières du Sahara Nord-Occidental	44
FIG. 11-12. — L'évaporation en Afrique désertique du Nord Ouest. 11. — Suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao. 12. — Sur les frontières du Sahara Nord-Occidental	45
FIG. 13-14. — Pluie et évaporation en Afrique désertique du Nord-Ouest. 13. — Suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao. 14. — Sur les frontières du Sahara Nord-Occidental	47
FIG. 15. — La température en Afrique désertique du Nord-Ouest, suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao	48
FIG. 16. — La température en Afrique désertique du Nord-Ouest, sur les frontières du Sahara Nord-Occidental	49
FIG. 17. — L'humidité relative en Afrique désertique du Nord-Ouest, suivant une coupe N.-S. d'Oran à Gao	50
FIG. 18. — L'humidité relative en Afrique désertique du Nord-Ouest, sur les frontières du Sahara Nord-Occidental	51
FIG. 19. — Figuration climatique de GRIFFITH-TAYLOR pour les principales stations du Sahara Nord-Occidental et, aux fins de comparaison, pour quelques stations des régions voisines.	60
FIG. 20. — La pluie à Béni Abbès de 1941 à 1950 (< 5 mm, > 5 mm, total)	61

FIG. 21. — Répartition des pluies > 5 mm à Béni Abbès de 1941 à 1950	63
FIG. 22. — Pluie à Béni Abbès et Tabelbala de 1934 à 1947	65
FIG. 23. — L'évaporation à Béni Abbès en 1949	66
FIG. 24. — Mésoclimats au sol et climat local au printemps. Béni Abbès	72
FIG. 25. — Mésoclimats au sol et climat local en été. Béni Abbès.	74
FIG. 26. — Mésoclimats au sol et climat local en automne. Béni Abbès	77
FIG. 27. — Mésoclimats au sol et climat local en hiver. Béni Abbès	79
FIG. 28. — Pénétration de l'eau de pluie dans le sable	89
FIG. 29. — La température du sable	97
FIG. 30. — La température du sable : après la pluie	98
FIG. 31. — La température du sable : propagation de l'onde thermique quotidienne	99
FIG. 32. — La température du sable : la profondeur d'une nebka à <i>Tamarix aphylla</i> L. (10 h 00)	101
FIG. 33. — L'humidité relative de l'atmosphère interne du sable (en saison chaude)	102
FIG. 34. — La température du sable dans une nebka à <i>Tamarix aphylla</i> L. et en dehors de celle-ci	106
FIG. 35. — Le climat au sol de la grotte de la Gara Diba à Béni Abbès	109
FIG. 36. — La température du sable sous une pierre reposant sur la hamada	110
FIG. 37. — Le climat au sol des sables bordant les points d'eau. Bord d'une guelta de l'O. Saoura à Béni Abbès	112
FIG. 38. — Granulométrie	119
FIG. 39-41. — Types de structure des végétaux liés aux sables du Sahara Nord-Occidental. 39. — Végétation ligneuse. 40. — Végétation herbacée. 41. — Végétation des sables de rochers	127
FIG. 42. — <i>Leptonychus curvicornis</i> Peyer. (D'après F. PIERRE, 1950)	147
FIG. 43. — <i>Anomala bleusei</i> Chob.	148
FIG. 44. — <i>Enoplotarsus deserticola</i> Luc.	148
FIG. 45. — <i>Sitiphus ammodites</i> Peyer.	153
FIG. 46. — <i>Philothis chobauti</i> Théry.	153
FIG. 47-48. — <i>Heterogamodes ursina</i> Burm (♂ et ♀)	154
FIG. 49. — <i>Myzini pici</i> Tourn.	156

FIG. 50. — <i>Peribyssus</i> sp.	156
FIG. 51. — <i>Eremiaphila pierrei</i> Chop., des regs de l'Erg Chech (Nifl)	157
FIG. 52. — <i>Pimelia grandis latastei</i> Sén.	161
FIG. 53-56. — Larves de Ténébrionides sabulicoles. 53. — <i>Erodium graniventris</i> Peyer. 54. — <i>Ammogiton peltieri</i> Peyer. 55. — <i>Pimelia angulata lesnei</i> Peyer. 56. — <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm.	170
FIG. 57. — <i>Erodium graniventris</i> Peyer.	171
FIG. 58. — <i>Ammogiton peltieri</i> Peyer.	172
FIG. 59. — <i>Pimelia angulata lesnei</i> Peyer.	173
FIG. 60. — <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm.	174
FIG. 61-65. — Sensilles des larves de Ténébrionides sabulicoles. 61. — Type basiconique « en champignon », du pygidium des <i>Erodium</i> (<i>E. exilipes</i> Luc.). 62. — Type sub-squamiforme des segments abdominaux des <i>Erodium</i> (<i>E. exilipes</i> Luc.), <i>a</i> , type rubanné; <i>b</i> , type moins accentué. 63. — Type basiconique du pygidium chez <i>Ammogiton peltieri</i> Peyer. 64. — Organe spiniforme du trochantin des <i>Pimelia</i> (<i>P. angulata lesnei</i> Peyer.). 65. — Type campaniforme des segments abdominaux, face tergale, de <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm.	176
FIG. 66-69. — L'antenne des larves de Ténébrionides sabulicoles. 66. — <i>Erodium exilipes</i> Luc. 67. — <i>Ammogiton peltieri</i> Peyer. 68. — <i>Pimelia angulata lesnei</i> Peyer. 69. — <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm.	178
FIG. 70-74. — Sensilles des Ténébrionides sabulicoles. 70. — Type basiconique : <i>a</i> , de la patte antérieure de <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm.; <i>b</i> , de la plage sensorielle de la partie apicale de l'antenne de <i>Leptonychus grassei</i> Pierre, accompagnée d'une sensille de type particulier. 71. — Type chaetique des élytres de <i>Leucolaephus liliputanus</i> Luc. 72. — Type campaniforme du pronotum de <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm. 73. — Type squamiforme (déclivité apicale des élytres) chez : <i>a</i> , <i>Leptonychus grassei</i> Pierre; <i>b</i> , <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm. 74. — Sensilles de l'œil chez <i>Pseudostorthocnemis antoinci</i> Esp.	180
FIG. 75-80. — Frange sensorielle plantaire et soies des tarses postérieurs des <i>Leptonychus</i> . 75 et 78. — <i>L. crodioides</i> Chevr. 76 et 79. — <i>L. reymondi</i> Pierre. 77 et 80. — <i>L. grassei</i> Pierre. (D'après F. PIERRE, 1950)	182
FIG. 81-90. — Appareil sensoriel apical de l'antenne des <i>Leptonychus</i> . 81. — <i>L. crodioides</i> Chevr. : <i>a</i> , base du segment antennaire; <i>b</i> , apophyse du segment; <i>c</i> , plage sensorielle. 82. — <i>L. reymondi</i> Pierre. 83. — <i>L. rufipennis</i> Guér. 84. — <i>L. sa-</i>	

<i>bulicola</i> Chob. 85. — <i>L. laevisternus</i> Fairm. 86. — <i>L. lislei</i> Pierre. 87. — <i>L. pellucidus</i> Muls. et God. 88. — <i>L. pellucidus iguidiensis</i> Pierre. 89. — <i>L. grassei</i> Pierre. 90. — <i>L. curvicornis</i> Peyer.	184
FIG. 91-95. — L'antenne des Ténébrionides sabulicoles. 91. — <i>Erodium exilipes</i> Luc. 92. — <i>Leptonychus grassei</i> Pierre. 93. — <i>Ammogiton peltieri</i> Peyer. 94. — <i>Pimelia angulata antiaegyptia</i> Koch. 95. — <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm.	186
FIG. 96-99. — La patte des larves de Ténébrionides sabulicoles. 96. — <i>Erodium exilipes</i> Luc. 97. — <i>Ammogiton peltieri</i> Peyer. 98. — <i>Pimelia angulata lesnei</i> Peyer. 99. — <i>Perithrix granidorsis</i> Fairm.	187
FIG. 100-104. — La patte des Ténébrionides sabulicoles. 100. — <i>Foleya brevicornis</i> Peyer. 101. — <i>Ammogiton peltieri</i> Peyer. 102. — <i>Pimelia angulata lesnei</i> Peyer. 103. — <i>Eurycaulus reymondi</i> Esp. 104. — <i>Anemia pilosa</i> Tourn.	189
FIG. 105-106. — Les stigmates des sabulicoles. 105. — Larve d' <i>Erodium exilipes</i> Luc. 106. — <i>E. exilipes</i> Luc.	192
FIG. 107. — Extrémité apicale de la patte inter. d. de <i>Dynamopus plicifrons</i> Fairm.	195
FIG. 108-109. — La patte antérieure des <i>Saprinus</i> sabulicoles. 108. — <i>Philothis alsiosus</i> Peyer. 109. — <i>P. chobauti</i> Théry.	197
FIG. 110. — La patte antérieure de <i>Chobautiella deserticola</i> Reitt.	197
FIG. 111. — <i>Mormisma peyerinhoffi</i> Silv. (D'après F. SILVESTRI, 1938, légèrement modifié)	198
FIG. 112. — La larve de <i>Berlandus saharæ</i> Pierre. (D'après F. PIERRE, 1950)	201
FIG. 113. — La larve de <i>Pterocroce troglophilus</i> Pierre (d'après F. PIERRE, 1950)	201
FIG. 114. — La patte antérieure de <i>Neomargarodes erythrocephala</i> Green	202
FIG. 115-116. — Perte de poids en fonction du jeûne léthal chez les sabulicoles et (en bas) valeur pondérale de l'excrétion (courbes cumulatives). 115. — En saison froide. — 116. — En saison chaude	214
FIG. 117. — Eau, soluble dans le benzène bouillant, résidu, chez quelques sabulicoles	219
FIG. 118. — <i>Zophosis plana arenarum</i> Peyer. in litt.	223
FIG. 119-120. — 119. — Perte de poids en fonction de la température (et de l'humidité relative) du milieu chez un sabulicole : <i>Prionotheca coronata</i> Ol. — 120. — Chez un non sabulicole : <i>Eremiaphila</i> sp.	224
FIG. 121. — <i>Prionotheca coronata</i> Ol.	226

FIG. 122. — Phases saisonnières et rythme nycthémeral au Sahara Nord-Occidental (très schématique)	239
FIG. 123-124. — <i>Prionus (Polyarthron) pectinicornis</i> F. (♂ et ♀)	241
FIG. 125. — Période d'apparition de <i>Prionus (Polyarthron) pectinicornis</i> F. à Béni Abbès, en 1949	241
FIG. 126. — Terrier de <i>Leucolaephus liliputanus</i> Luc.	247
FIG. 127. — <i>Anthia venator</i> L.	250
FIG. 128. — <i>Cataglyphis bombycina</i> Roger (soldat)	252
FIG. 129. — Schéma des groupements dans les sables du Sahara Nord-Occidental	258
FIG. 130. — Coupe d'une nebka à Tamarix (<i>T. aphylla</i> L.) ...	260
FIG. 131. — Stratification écologique en fonction des saisons dans une nebka à Tamarix (Béni Abbès)	261
FIG. 132-137. — Profil schématique de quelques formations dunaires sur le littoral du Nord-Ouest de l'Afrique. — 132. — Environs d'Alger (Maison-Carrée). — 133. — Oranie (Aïn el Turck). — 134. — <i>Idem</i> (Turgot). — 135. — Maroc Sud-Occidental (Embouchure de l'O. Sous). — 136. — <i>Idem</i> (Aglou). — 137. — <i>Idem</i> (Aoreora)	271
FIG. 138. — <i>Storthocnemis antoinei</i> Esp.	278
FIG. 139. — Le continent africain au Crétacé supérieur, d'après H. et G. TERMIER (1952)	283
FIG. 140. — Limite septentrionale de l'aire de répartition d'un groupe de Ténébrionides typiquement sud-africains : les <i>Molurini</i>	140

TABLE DES PLANCHES

PLANCHE I.

1. — Béni Abbès et le Grand Erg Occidental.
2. — La Hamada du Guir au Sud de Béni Abbès.

PLANCHE II.

1. — Reg à l'Est de l'Erg Chech.
2. — Reg au Sud du Tademaït. Au premier plan, bois silicifiés et sables.

PLANCHE III.

1. — Djebels d'Ougarta : région du Kheneg el Aatène.
2. — Djebels d'Ougarta : région du Saheb Touil.

PLANCHE IV.

1. — Oued à écoulement temporaire (sur la hamada du Guir, près de Béni Abbès).
2. — Oued à sous-écoulement permanent : la Saoura, en aval de Béni Abbès.

PLANCHE V.

1. — Le Grand Erg Occidental au Foum Seïada, près de Béni Abbès.
2. — L'Erg er Raoui (régions centrales).

PLANCHE VI.

1. — L'Erg Iguidi (régions septentrionales).
2. — L'Erg Chech (régions orientales, « Hassi Baroud »).
Au premier plan : témoins d'érosions.

PLANCHE VII.

1. — Groupe de dunes sur un reg du Touat.
2. — Sables des rochers (Djebel bet Tadjine).

PLANCHE VIII.

1. — Nappe sableuse sur la bordure orientale de l'Erg Chech.
2. — Nebkas au Foum el Tlaïa, dans les Djebels d'Ougarta.

PLANCHE IX.

- 1 et 2. — La nappe aquifère dans l'Erg Chech (Régions orientales, « Hassi Baroud »).

PLANCHE X.

1. — Lignes de végétation herbacée (*Aristida pungens* Desf.) à flanc de dune, suivant les axes de ruissellement. Travertins au premier plan (Erg er Raoui Central).
2. — Un « arbre souterrain », *Calligonum Azel* R. Maire, exceptionnellement déchaussé par le vent (Erg er Raoui).

PLANCHE XI.

1. — *Cistanche Phelypaea* L., sur *Tamarix aphylla* L. (nebka au Foun el Tlaïa, Djebels d'Ougarta).
2. — Partie souterraine de la hampe, biotope de quelques sabulicoles.

PLANCHE XII.

1. — *Foleya brevicornis* Peyer. sur *Aristida pungens* Desf. (Erg er Raoui).
2. — Fouissement chez *Leucolaephus liliputannus* Luc. (Bordure du Grand Erg Occidental, Ouaraourout).
3. — Tubes de soie tissés par la chenille d'un Lépidoptère *Noctuidae* (indéterminé). Bordure du Grand Erg Occidental, Béni Abbès; sur *Moltkia collosa* Vahl.

PLANCHE XIII.

1. — Toile-piège à la surface de la dune (Béni Abbès) et orifice du terrier d'une Lycose.
2. — Traces d'un Oiseau prédateur de sabulicoles (Béni Abbès).

PLANCHE XIV.

1. — Traces de la vie nocturne à la surface de la dune (Erg er Raoui).
2. — Traces, comparables, sur des sables littoraux (Oranie, région de Mostaganem).

PLANCHE XV.

1. — Témoins d'érosion dans l'Erg Iguidi Méridional (Ouahila).
2. — Coquilles sur un fond de sebkha; même région.

PLANCHE XVI.

1. — Sables sub-littoraux du Maroc Sud-Occidental. Rherd el Khadem, près d'Aoréora.
2. — Sables du Maroc Sud-Occidental. Plage Blanche à Aoreora. Au premier plan : *Traganum Moquinii* Webb, parasité par *Cistanche Phelypaea* L.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	7
REMERCIEMENTS	11
INTRODUCTION	15
1. <i>Coefficients climatiques et aridité</i> , p. 16.	
2. <i>Limites du domaine exploré</i> , p. 17.	
HISTORIQUE SOMMAIRE DES RECHERCHES SUR LE PEUPLEMENT ENTO- MOLOGIQUE DES SABLES VIFS	19
1. <i>Sables littoraux</i> , p. 20.	
2. <i>Sables continentaux</i> , p. 20.	

PREMIÈRE PARTIE

LE MILIEU

CHAPITRE I. — Les sables vifs du Sahara Nord-Occidental ..	25
1. Origine des sables	25
2. Rôle du relief dans la répartition et les qualités écologiques des sables	26
1. Les ergs, p. 28. — 2. Les hamadas, p. 28. — 3. Les regs, p. 28. — 4. Les djebels, p. 28. — 5. — Les oueds, p. 29.	
3. Classification écologique et description des sables	32
1. <i>Ergs majeurs</i> , p. 32. — A. Ergs humides, p. 33 : 1. Grand Erg Occidental, p. 33; 2. Erg er Raoui, p. 34. — B. Ergs semi-humides, p. 34 : Erg Iguidi, p. 34. — C. Ergs secs, p. 35 : Erg Chech, p. 35.	
2. <i>Ergs mineurs et sables isolés</i> , p. 37. — 1. Ergs mineurs, p. 37; 2. Groupes de dunes et dunes isolées, p. 37; 3. Sables des rochers, p. 37; 4. Nappes sableuses, p. 37; 5. Nebkas, p. 38.	
3. <i>Sables des cavités souterraines</i> , p. 39. — 1. Sables des grottes et cavités rocheuses, p. 39; 2. Sables des terriers, p. 39.	
4. Les biotopes des sables vifs	39

CHAPITRE II. — Les facteurs climatiques	41
1. Les grands traits du climat au Sahara Nord-Occidental ...	42
1. Pluie, p. 42; 2. Evaporation, p. 45; 3. Température, p. 45; 4. Humidité relative, p. 55.	
2. Les variations du climat (Béni Abbès, période 1941-1950) ...	61
1. Pluie, p. 61; 2. Evaporation, p. 66; 3. Température, p. 66; 4. Humidité relative, p. 66.	
3. Mésoclimats au sol et climat local (Béni Abbès, période 1949-1950)	70
1. <i>Le climat au sol au printemps</i> , p. 71. — 1. L'erg, p. 71; 2. La hamada, p. 71; 3. L'oued, p. 73; 4. La palmeraie, p. 73.	
2. <i>Le climat au sol en été</i> . — 1. L'erg, p. 73; 2. La hamada, p. 75; 3. L'oued, p. 75; 4. La palmeraie, p. 75.	
3. <i>Le climat au sol en automne</i> , p. 76. — 1. L'erg, p. 76; 2. La hamada, p. 76; 3. L'oued, p. 76; 4. La palmeraie, p. 78.	
4. <i>Le climat au sol en hiver</i> , p. 78. — 1. L'erg, p. 78; 2. La hamada, p. 78; 3. L'oued, p. 80; 4. La palmeraie, p. 80.	
4. Remarques concernant le climat des djebels et des regs ...	82
5. Le climat au sol après la pluie	82
CHAPITRE III. — L'endoclimat du sable	85
1. L'eau du sable	85
1. <i>Origine de l'eau</i> , p. 86. — 1. Les nappes aquifères, p. 86; 2. Les précipitations, p. 88.	
2. <i>Maintien de l'eau</i> , p. 90.	
3. <i>Distribution de l'eau</i> , p. 91. — 1. L'eau d'imbibition, p. 91; 2. L'eau de « distillation », p. 91; 3. L'eau de transpiration des végétaux, p. 92.	
2. La température du sable	93
1. <i>La température du sable au printemps</i> , p. 93. — 2. <i>La température du sable en été</i> , p. 96. — 3. <i>La température du sable en automne</i> , p. 96. — 4. <i>La température du sable en hiver</i> , p. 96.	
3. Température du sable après la pluie	98
4. Remarques générales concernant la température du sable ..	99
5. L'humidité relative de l'atmosphère interne du sable	101

CHAPITRE IV. — Les microclimats du sable	105
1. Les microclimats du sable à proximité des végétaux	105
1. <i>Les ergs</i> , p. 105. — 1. La surface du sable, p. 105; 2. La profondeur du sable, p. 106.	
2. <i>Les sables isolés</i> , p. 107.	
2. Les microclimats du sable des cavités souterraines	107
1. <i>Les sables des grottes et des cavités rocheuses</i> , p. 107. —	
2. <i>Le sable sous les pierres</i> , p. 110. — 3. <i>Les terriers de rongeurs</i> , p. 110. — 4. <i>Les fourmilières et les termitières</i> , p. 111.	
3. Les microclimats du sable bordant les points d'eau	113
CHAPITRE V. — Les facteurs édaphiques	115
1. Principaux types de sables	115
1. <i>Sables sahariens</i> , p. 115. — 2. <i>Sables non sahariens</i> , p. 117.	
2. Facteurs physiques	117
1. <i>Granulométrie</i> , p. 117. — 2. <i>Volume des vides</i> , p. 120. —	
3. <i>Teneur en eau</i> , p. 121. — 4. <i>Rigidité</i> , p. 121.	
3. Facteurs chimiques	122
1. <i>Matières organiques</i> , p. 122. — 2. <i>Sels</i> , p. 123. — 3. <i>Autres facteurs</i> , p. 124.	
CHAPITRE VI. — Les facteurs biotiques	125
1. Facteurs écologiques résultant du peuplement végétal	125
1. <i>La végétation des ergs majeurs</i> , p. 126. — A. Ergs humides, p. 126 : Grand Erg Occidental et Erg er Raoui, p. 126. — B. Ergs semi-humides, p. 130 : Erg Iguidi, p. 130. — C. Ergs secs, p. 131 : Erg Chech, p. 131.	
2. <i>La végétation des ergs mineurs et sables isolés</i> , p. 132. —	
1. Ergs mineurs, p. 132; 2. Groupes de dunes et dunes isolées, p. 132; 3. Sables des rochers, p. 133; 4. Nappes sableuses, p. 134; 5. Nebkas, p. 136.	
3. <i>Sables des cavités souterraines</i> , p. 136. — 1. Sables des grottes et cavités rocheuses, p. 136; 2. Sables des terriers, p. 136.	

2. Facteurs écologiques résultant du peuplement animal	136
1. <i>Présence des Vertébrés</i> , p. 136. — 1. Terriers, p. 136; 2. Débris organiques, p. 137; 3. Présence de l'Homme, p. 137.	
2. <i>Présence des Invertébrés</i> , p. 137.	
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS DE LA PREMIÈRE PARTIE	139

DEUXIÈME PARTIE

LE PEUPLEMENT

CHAPITRE I. — La faune entomologique des sables vifs	145
1. Groupes représentés et prédominances	145
1. <i>Coléoptères</i> , p. 146. — 2. <i>Dictyoptères</i> , p. 149. — 3. <i>Isop-</i> <i>tères</i> , p. 149. — 4. <i>Hyménoptères</i> , p. 149. — 5. <i>Planipennes</i> , p. 150. — 6. <i>Diptères</i> , p. 150. — 7. <i>Hétéroptères</i> , p. 150. — 8. — <i>Homoptères</i> , p. 150. — 9. — <i>Thysanoures</i> , p. 151. — 10. — <i>Lépidoptères</i> , p. 151. — 11. <i>Orthoptères</i> , p. 151. — 12. <i>Collemboles</i> , p. 151.	
2. Importance et caractère du peuplement dans les différents sables	152
1. <i>Ergs majeurs</i> , p. 152. — A. Ergs humides, p. 152 : 1. Grand Erg Occidental dans sa partie W., p. 152; 2. Erg er Raoui, p. 152. — B. Ergs semi-humides, p. 155 : 1. Erg Iguidi Sep- tentrional, p. 155; 2. Erg Iguidi Méridional, p. 155. — C. Ergs secs, p. 156 : Erg Chech, p. 156.	
2. <i>Ergs mineurs et sables isolés</i> , p. 158. — 1. Ergs mineurs, p. 158; 2. Groupes de dunes et dunes isolées, p. 158; 3. Sa- bles des rochers, p. 158; 4. Nappes sableuses, p. 159; 5. Nebkas, p. 159.	
3. <i>Sables des cavités souterraines</i> , p. 159. — 1. Sables des grottes et cavités rocheuses, p. 159; 2. Sables des terriers, p. 159.	
3. Stade et qualités du milieu	160
1. <i>Coléoptères</i> , p. 160. — 1. Ténébrionidae, p. 160; 2. Scar- baeioidea, p. 161; 3. Histeridae, p. 162; 4. Dermestidae, p. 163; 5. Caraboidae, p. 163; 6. Liodidae, Anthicidae, Curculionidae, p. 163.	
2. <i>Dictyoptères</i> , p. 164.	
3. <i>Autres ordres</i> , p. 164.	

CHAPITRE II. — **Particularités morphologiques des sabulicoles** 167

1. Généralités 167
2. Coléoptères Ténébrionides 168
 1. *Types morphologiques*, p. 168. — 1. Principaux types larvaires, p. 168; 2. Principaux types imaginaires, p. 170; 3. Nymphes, p. 172.
 2. *Le tégument*, p. 172. — A. Larve, p. 172 : 1. Aspect et pigmentation, p. 172; 2. Structure et perméabilité, p. 172. — B. Adulte, p. 175 : 1. Aspect et pigmentation, p. 175 ; 2. Structure et perméabilité, p. 175.
 3. *Organes sensoriels*, p. 175. — A. Larve, p. 175 : 1. Appareil sensillaire externe, p. 175; 2. Œil, p. 178; 3. Antenne, p. 178. — B. Adulte, p. 179 : 1. Appareil sensillaire externe, p. 179; 2. Œil, p. 185; 3. Antenne, p. 186.
 4. *Organes locomoteurs*, p. 187. — A. Larve, p. 187 : 1. Patte, p. 187; 2. Urogomphes, p. 188; 3. Pygidium, p. 188. — B. Adulte, p. 189 : 1. Patte, p. 189; 2. Aile, p. 191.
 5. *Organes respiratoires*, p. 191. — A. Larve, p. 191 : Stigmate, p. 191. — B. Adulte, p. 191 : 1. Stigmate, p. 191; 2. Cavité sous-élytrale, p. 192.
 6. *Organes bucaux*, p. 193.
3. Remarques générales concernant les autres groupes 193
 1. *Coléoptères Scarabéoides*, p. 193. — 1. Larve, p. 193; 2. Adulte, p. 194.
 2. *Autres Coléoptères*, p. 196. — 1. Histeridae, p. 196; 2. Dermestidae, p. 197; 3. Masoreidae, Anthiidae, Harpalidae, p. 197; 4. Liodidae, Anthicidae, Curculionidae, p. 199.
 3. *Autres ordres*, p. 200.

CHAPITRE III. — **Particularités physiologiques des sabulicoles** 207

1. Résistance au jeûne 207
 1. *Coléoptères Ténébrionides*, p. 208. — A. Larve, p. 208; B. Adulte, p. 208. — 2. *Autres Coléoptères*, p. 208. — 3. *Autres ordres*, p. 208.
2. Résistance à la dessiccation 210
 1. *Position du problème*, p. 210. — 2. *Evolution du poids global et valeur pondérale de l'excrétion en fonction du temps de jeûne*, p. 213. — 1. Coléoptères Ténébrionides, p. 213; 2. Autres Coléoptères, p. 217; 3. Autres ordres, p. 217.

3. Résistance aux températures élevées et aux radiations ...	220
1. <i>Position du problème</i> , p. 220. — 2. <i>Perte de poids en fonction de la température du milieu</i> , p. 222. — 3. <i>Contacts avec les sols surchauffés</i> , p. 226. — 4. <i>Températures léthales supérieures</i> , p. 227.	
4. Régimes alimentaires	228
1. <i>Coléoptères Ténébrionides</i> , p. 228. — 2. <i>Coléoptères Scarabéoides</i> , p. 230. — 3. <i>Autres Coléoptères</i> , p. 230. — 4. <i>Autres ordres</i> , p. 231.	
5. Remarques concernant la teneur en eau des aliments	232
1. <i>Pouvoir hygroscopique des végétaux secs</i> , p. 232. — 2. <i>Teneur en eau de quelques végétaux frais</i> , p. 232.	
6. Les proies des <i>Eremiaphila</i>	233
 CHAPITRE IV. — Particularités éthologiques des sabulicoles ..	235
1. Fouissement	235
1. <i>Causes</i> , p. 235. — 2. <i>Types fouisseurs</i> , p. 236 : 1. Fouisseurs vrais, p. 236; 2. Mineurs, p. 236; 3. Excavateurs, p. 236.	
2. Marche	236
3. Vol	237
4. Réchauffement au sol	238
5. Accouplements et ponte	238
6. Phases saisonnières et rythmes quotidiens	238
1. <i>Phases saisonnières</i> , p. 240. — 1. Phase pré-vernale, p. 240; 2. Phase vernale, p. 240; 3. Phase estivale, p. 240; 4. Phase post-estivale, p. 240.	
2. <i>Rythmes quotidiens</i> , p. 242. — 1. Rythme diurne, p. 242; 2. Rythme nocturne, p. 242; 3. Rythme matinal et rythme vespéral, p. 242.	
3. <i>Variations périodiques</i> , p. 242.	
7. Mimétisme	243
8. Observations relatives aux particularités éthologiques dans les différents groupes	244
1. <i>Coléoptères Ténébrionides</i> , p. 244. — A. Larve, p. 244; B. Adulte, p. 244.	
2. <i>Coléoptères Scarabéoides</i> , p. 248.	
3. <i>Autres Coléoptères</i> , p. 249.	
4. <i>Autres ordres</i> , p. 251.	

CHAPITRE VI — Structure des groupements	257
1. Les cohortes (Définitions)	259
1. Cohorte des errants, p. 259; 2. Cohorte des satellites, p. 259; Cohorte des sédentaires, p. 259.	
2. Exemple de groupement	259
3. Formation d'une biocénose	262
4. Densité de peuplement	263
5. Prédateurs et parasites	264
6. Sabulicoles et végétation	265
CHAPITRE VI. — Origine de la faune sabulicole	267
1. Sables littoraux et sables continentaux	269
1. <i>Milieu</i> , p. 269. — 2. <i>Peuplement</i> , p. 273. — 1. Sahara Nord Occidental, p. 273; 2. Maroc Sud-Occidental et Mauritanie, p. 275; 3. Oranie littorale, p. 275; 4. Hauts Plateaux occidentaux, p. 276.	
2. Eléments biogéographiques en présence (Coléoptères Ténébrionides)	277
1. <i>Sahara Nord-Occidental</i> , p. 277.	
2. <i>Maroc Sud-Occidental</i> , p. 279.	
3. <i>Mauritanie</i> , p. 280.	
4. <i>Oranie</i> (Régions littorales et sub-littorales), p. 280.	
3. Affinités au niveau du genre (Coléoptères Ténébrionides)... ..	280
1. <i>Elément africain</i> , p. 281.	
2. <i>Elément asiatique</i> , p. 281.	
4. Facteurs historiques du peuplement	282
1. <i>Climats successifs et histoire des sables</i> , p. 283.	
2. <i>Structures continentales successives et individualisation des faunes</i> , p. 286.	
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS DE LA DEUXIÈME PARTIE. CONCLUSIONS GÉNÉRALES	288
PRINCIPAUX TERMES LOCAUX	291
1. <i>Termes géographiques</i> , p. 291.	
2. <i>Noms vernaculaires des végétaux liés aux sables vifs</i> , p. 292.	

BIBLIOGRAPHIE	293
DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES	313
PLANCHES h. t.	315
TABLE DES FIGURES	317
TABLE DES PLANCHES	323
TABLE DES MATIÈRES	325

DEUXIEME THESE

Propositions données par la Faculté

LE MIMÉTISME
CHEZ LES ARAIGNÉES MYRMÉCOMORPHES

Vu et approuvé :

Paris, Février 1957

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

J. PERES

Vu

et Permis d'imprimer :

*Le Recteur de l'Académie
de Paris,*

Jean SARRAILH

*Ce volume
a été achevé d'imprimer
en juillet 1958
sur les presses de l'Imprimerie
Louis Jean
pour le texte,
et par l'Atelier Jean Brunissen
pour les illustrations.*

